



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# VARKAUDEN KAUPUNGIN VIEMÄRIVERKOSTON VUO- TOVESITUTKIMUS

TEKIJÄ/T: Ville Häkkinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Ville Häkkinen	
Työn nimi Varkauden kaupungin viemäriverkoston vuotovesitutkimus	
Päiväys	15.3.2013
Sivumäärä/Liitteet	47/14
Ohjaaja(t) Yliopettaja Pasi Pajula, Päätoiminen tuntiopettaja Teemu Räsänen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Keski-Savon Vesi Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Varkauden kaupungin jätevesiviemäriverkoston vuotovesiä. Työn tavoitteena oli selvittää jätevesiviemäriverkoston vuotokohtia maastotutkimuksin. Maastotutkimuksissa tavoitteena oli saada yksityiskohtaista tietoa vuotokohdista ja niiden syistä, sekä jätevesiviemäriverkoston virheellisistä kytkennöistä.</p> <p>Vuotovesitutkimusta alettiin tehdä Varkauden kaupungissa, koska haluttiin selvittää, mistä suuret vuotovesimäärät johtuvat. Merkittävimmät syyt vuotovesien vähentämiseksi ovat Akoniemen jätevedenpuhdistamon puhdistuskapasiteetin ylittyminen runsaiden vuotovesien aikaan, sekä vuotovesien aiheuttamat lisäkustannukset. Jätevesiasioista säädetään myös useissa eri laeissa, kuten vesihuoltolaissa, vesilaissa, ympäristönsuojelulaissa sekä Maankäyttö- ja rakennuslaissa. Nämä lait velvoittavat Varkauden kaupunkia toimimaan vuotovesien vähentämiseksi.</p> <p>Aluksi selvitettiin Varkauden kaupungin jätevesiviemäriverkoston alueiden vuotovesimäärät vertaamalla vuotuisia maksimi ja minimi virtaamia. Esiselvitysten pohjalta toteutettiin aluevalinnat, missä valittiin tässä vuotovesitutkimuksessa tutkittavat alueet. Tutkittavia alueita olivat Luttilan IVO alue, Kuvansi, Kaura-aho, Könönpelto ja osa Käärmeniemen alueesta. Tutkimukset tehtiin maastotutkimuksina kesinä 2011 ja 2012. Maastotutkimusten tutkimusmenetelminä käytettiin silmämittausta ja savukoemenetelmää, sekä paikoin TV-kuvausta. Tutkimukseen kuului lisäksi myös tiedon dokumentointi verkostotietojärjestelmään sähköisesti.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin tutkituista alueista sähköinen AutoCAD-pohjainen verkostotietoaineisto ja Excel-tilasto, joista näkyy vuotojen sijainnit, syyt sekä virheelliset kytkennät. Tätä aineistoa on tarkoitus käyttää apuna suunniteltaessa jätevesiviemäriverkoston saneerauksia.</p>	
<p>Avainsanat</p> <p>jätevesiviemäri, vuotovesi, savukoe, Varkauden kaupunki</p>	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Ville Häkkinen			
Title of Thesis Water Leakage Investigation in the City of Varkaus			
Date	13 March 2013	Pages/Appendices	47/14
Supervisor(s) Mr Pasi Pajula, Principal Lecturer and Mr Teemu Räsänen, Lecturer			
Client Organisation/Partners Keski-Savon Vesi OY			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The topic of this thesis was water leaks in the sewer network in the city of Varkaus. The purpose of the thesis was to clarify sewer leaks as a field research. The aim of the field research was to obtain detailed information about the leaking spots and the reasons for them, as well as about incorrect connections in the sewer network. The research methods which were used were the visual method, the smoke test method and some in places TV-filming.</p> <p>The water leakage investigation was carried out in the city of Varkaus because the aim was to find out what is the reason for large amounts of leakage water. The main reasons for the reduction of leakage water are the exceeding of purification capacity at the time of large amount of leakage water and extra cost caused by leakage waters to the city of Varkaus. Wastewater matters are regulated by a number of different laws, such as water management act, water act, environmental protection act and the land use and building act. These laws require the city of Varkaus to reduce leakage water.</p> <p>The research was started by finding out the amounts of leakage water in the city of Varkaus by comparing the annual maximum and minimum flows. On the basis of this pre-feasibility study the research areas were selected for this leakage water research. Areas to explore were Luttila's IVO, Kuvansi, Kaura-Aho, Könönpelto and the one part of Käärmeniemi. The field researches were carried out by the visual method and the smoke test method in the summers 2011 and 2012. The research also included the documentation in the electronic form into the network information system.</p> <p>The result of the leakage water research was an electronic AutoCAD-based network data material and Excel table of the research areas. These two also show the locations and reasons for the leakage and the locations of the incorrect connections. The water leakage investigation data will be used when planning wastewater sewer system renovations.</p>			
<p><b>Keywords</b></p> <p>drain, water leak, smoke testing, city of Varkaus,</p>			



## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	VESIHUOLTO JA VIEMÄRIVERKOSTO.....	8
2.1	Vesihuolto.....	8
2.2	Jätevesiviemärit .....	8
2.3	Sekaviemärit .....	9
3	JÄTEVESIHUOLTOA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ .....	11
4	VIEMÄRIVERKOSTON VUOTOVEDET .....	13
4.1	Vuotovedet .....	13
4.1.1	Pohja- ja maavedet.....	14
4.1.2	Hulevedet .....	15
4.2	Vuotovesien määrään vaikuttavat tekijät.....	16
4.3	Vuotovesien määrä.....	17
4.4	Vuotovesien aiheuttamat haitat .....	18
5	JÄTEVESIVIEMÄREIDEN VUOTOVESIEN TUTKIMUSTEMENETELMÄT .....	20
5.1	Virtaus mittaukset .....	20
5.2	Sähkön kulutus .....	20
5.3	Pumppujen käynnistymiskerrat.....	21
5.4	Silmämääräiset tutkimukset .....	21
5.5	Tarkastuskaivojen kuntokartoitus .....	21
5.6	Savukoe .....	22
5.7	TV-kuvaus .....	23
6	VERKOSTON IÄN JA MATERIAALIN VAIKUTUS VUOTOVESIMÄÄRIIN .....	24
6.1	Betoniviemärin elinkaareen vaikuttavat tekijät.....	24
6.2	Betoniviemärin käyttöikä.....	24
6.3	Muoviviemärin elinkaareen vaikuttavat tekijät .....	25
6.4	Muoviviemärinkäyttöikä .....	25
7	VUOTOVESITUTKIMUS VARKAUDEN KAUPAUNGISSA .....	27
7.1	Tutkimuskohde .....	27
7.2	Vuotovesien määrä Varkauden kaupungissa .....	27
7.3	Viemäriverkoston vuotovesitutkimussuunnitelman laadinta .....	28
7.3.1	Tutkimusalueiden valinnat.....	28
7.3.2	Aikataulu.....	29
7.3.3	Kohdekohtaisen maastotutkimussuunnitelman laadinta .....	30

7.4	Esimerkki silmämääräisistä tutkimuksista ja savukoemenettelystä.....	31
7.5	Savukokeen epävarmuustekijät .....	33
7.6	Savukokeen toimintahäiriöt .....	35
8	TUTKIMUSTULOSTEN KIRJAAMINEN JA ANALYSOINTI .....	36
8.1	Maastotutkimustulosten siirtäminen verkostotietojärjestelmään.....	36
8.2	Tutkimustulosten analysointi .....	41
8.3	Sadannan vaikutus vuotovesiin.....	42
8.4	Tutkimustulosten pohjalta tehtävät ehdotukset vuotovesimäärien pientämiseksi .....	44
9	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	45
	LÄHTEET .....	46

## LIITTEET

Liite 1 Kaivokortti

Liite 2 Toiminta-alue

Liite 3 Tutkimusalueiden valinnat

Liite 4 Pumppaamoiden tuotot

Liite 5 Tutkimusesimerkki alue

Liite 6 Kaura-Ahon jätevesiviemäriverkosto

Liite 7 Kiinteistöjen tonttikaivojen virheelliset kytkennät (vain tilaajan käyttöön)

Liite 8 Lohkokaavio

## 1 JOHDANTO

Varkauden kaupungin jätevesiviemäriverkosto on osittain huonossa kunnossa, ja siksi sitä joudutaan saneeraamaan runsaasti lähitulevaisuudessa. Jätevesiviemäriverkoston vuotovesitutkimus toteutetaan, koska Akoniemen jätevedenpuhdistamolle tulevat jätevesivirtaamat ovat ajoittain suuria. Suuret jätevesivirtaamat aiheutuvat heikossa kunnossa olevan jätevesiviemäriverkoston vuotovesistä. Suurten jätevesivirtaamien aiheuttamia ongelmia ovat esimerkiksi heikentyneet jätevedenpuhdistamon puhdistustulokset, puhdistamon ohijuoksutukset, lisääntyneet pumppaus- ja puhdistuskustannukset, viemäritulvat ja välilliset ympäristövaikutukset. Vuotovesitutkimuksen ajavana voimana voidaan pitää Suomen vesihuoltoa koskeva lainsäädäntö: Vesihuoltolaki (119/2001), joka velvoittaa mm. ympäristönsuojelun kannalta asianmukaista viemäröintiä, sekä Vesilaki (587/2011), joka velvoittaa mm. vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä niin, että se on yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä. Lisäksi ympäristönsuojelulaki (86/2000) toimii yleislakina ympäristön pilaamiselle.

Tämä opinnäytetyö käsittelee Varkauden kaupungin viemäriverkoston vuotovesitutkimusta. Työn tarkoituksena on kartoittaa kantakaupungin vesihuoltoalueella olevia viemäriverkoston vuotokohtia maastotutkimuksien avulla. Maastotutkimuksissa löydetyistä vuotokohdista kerätty tieto siirretään kaupungin käyttämään verkostotietojärjestelmään, josta tietoa voidaan hyödyntää suunniteltaessa viemäriverkoston saneerausta. Lisäksi opinnäytetyön kirjallisuusosiossa perehdytään tutkimussuunnitelmiin, sekä vuotovesiin. Vuotovesillä tarkoitetaan pinta- ja pohjavettä, joka pääsee viemäriverkostoon rikkonaisten viemäriputkien, vuotavien liitosten, tarkastuskaivojen ja muiden viallisten kohtien kautta. Vuotovedeksi lasketaan myös kiinteistöjen sadevesi- ja pintakuivatusjärjestelmien kautta viemäriverkostoon kulkeutuvat vedet.

Merkittävänä osana tutkimuksen toteutusta on maastotutkimuksissa kerättävän tiedon dokumentointiin käytettävä sähköinen Basepoint verkostotiedonhallintaohjelmisto. Ohjelmisto on AutoCad-pohjainen ja tarkoitettu vesi- ja viemäri- sekä kaukolämpö- ja maakaasuverkkojen kunnossapidon suunnitteluun sekä verkoston ylläpidon tarpeisiin. Ohjelmiston ytimen muodostaa ulkopuolinen SQL-tietokanta, joka sisältää käsiteltävän kartta-alueen kohteisiin liittyvät sijainti- ja ominaisuustiedot. SQL-tietokannan avulla tarvittavan tiedon poimiminen kartta-aineistosta on nopeaa ja vaivatonta.

## 2 VESIHUOLTO JA VIEMÄRIVERKOSTO

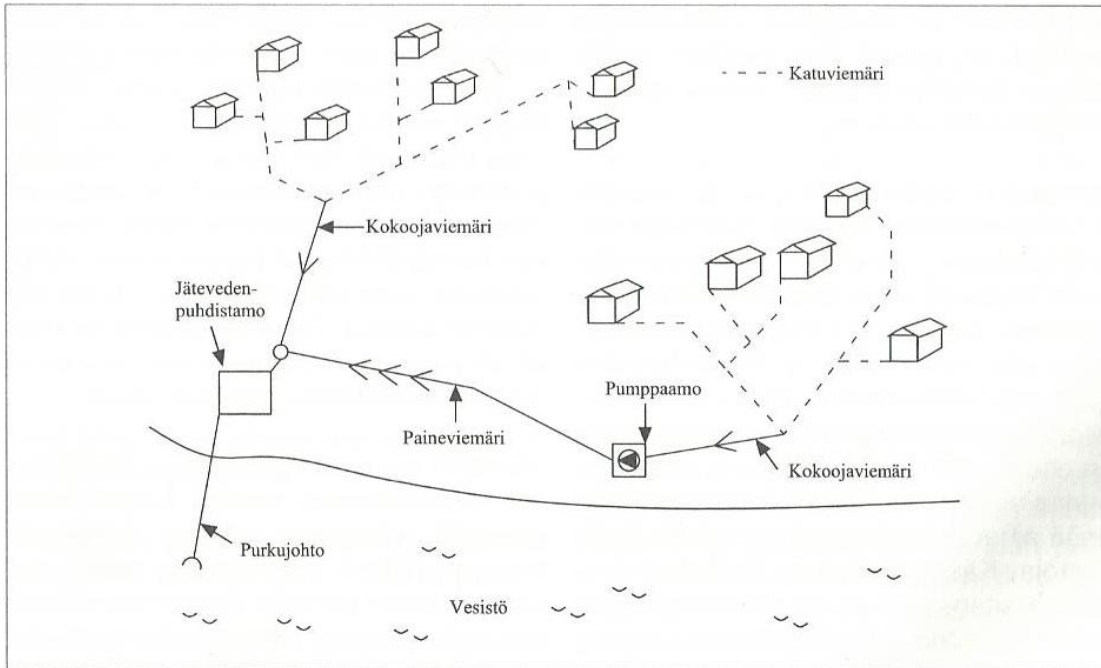
### 2.1 Vesihuolto

Vesihuolto on osa kunnallistekniikka ja sen alueisiin kuuluu raakaveden hankinta, veden käsittely talousvedeksi, vedenjakelu, viemärointi ja jätevesien puhdistaminen, sekä niihin liittyvät laitteet ja toiminnot. Vesilaitos hankkii raakaveden pohja- tai pintavesiesiintymistä. Hankittu vesi puhdistetaan ja johdetaan kuluttajille vesijohtoverkoston pitkin. Kuluttajien käytön jälkeen vedestä tulee jätevettä, joka johdetaan jäteveden puhdistuslaitokselle viemäriverkostoa pitkin. Jätevesi puhdistetaan jätevedenpuhdistuslaitoksella, josta se johdetaan läheiseen vesistöön. Puhdistuksesta syntynyt liete voidaan käyttää maanparannusaineena tai kuljettaa kaatopaikalle. Vesihuollon tarkoituksena on taata kuluttajille hyvälaatuista talousvettä, sekä toimiva viemärointi sekä vaatimukset täyttävä jäteveden puhdistus (Vesilaitosyhdistys.) Suomen lainsäädännössä vesilaitoksen tehtäväksi määrätään myös hulevesien eli sade- ja sulamisvesien kerääminen, käsittely ja poisjohtaminen vesistöön. (Vesihuolto 1: RIL 124-1, 2003, 13.) Kunnat ovat vastuussa alueensa vesihuollosta ja yleensä vesihuollon hoitaa kunnan vesihuoltolaitos. Muita vesihuollosta vastaavia organisaatioita ovat pienemmillä alueilla toimivat osuuskunnat ja muut organisaatiot. (Maa- ja metsätalous ministeriö 2009.)

### 2.2 Jätevesiviemärit

Jätevesiviemärien tehtävänä on kuluttajien tai teollisuuden aiheuttaman jäteveden poiskuljettaminen syntypaikasta jätevedenpuhdistuslaitokselle kuvan 1 mukaisesti. Jätevesiviemäriverkosto koostuu katuviemäreistä, jotka kokoavat kiinteistöissä syntyvät jätevedet. Jätevesi johdetaan katuviemäreitä pitkin kokoojaviemäriin, jotka kokoavat useiden katuviemäreiden jätevedet jätevedenpumppaamolle, josta vesi pumpataan jätevedenpuhdistuslaitokselle. Tämä tapahtuu, joko maanvetovoiman avustuksella viettoviemäreissä tai pumppaamalla jätevesi paineviemäreitä pitkin. Olennainen osa jätevesiviemäriverkostoa jätevesiputkien ohella on pumppaamot ja tarkastuskaivot. Jätevedenpumppaamon pääasiallinen tarkoitus on toimia hetkellisenä jätevesivarastona, sekä luoda pumppaamalla paineviemäriin paine, mikäli veden johtaminen ei viettoviemärein ole mahdollista. Tarkastuskaivojen tarkoituksena on toimia viemäriverkoston huolto ja puhdistus kuiluihin. (Vesihuolto 1: RIL 124-1, 2003, 49.)





Kuva 1 Viemäriverkoston osat (Vesihuolto 1: RIL 124-1, 2003, 49, kuva 22)

1970-luvun jälkeen lähes kaikki viemärit on rakennettu muoviputkesta, sitä ennen materiaalina käytettiin betonia. Suomen Ympäristökeskuksen mukaan vuonna 2006 muoviputkien osuus koko verkostosta oli 71 %, betoniviemäreiden osuus 24 % ja muiden materiaalien osuus 5 %. Jätevesiviemäreiden rakennusmateriaalina käytetään nykyään muoviyhdisteistä valmistettuja putkistoja. Viettoviemäreissä yleisiä materiaaleja ovat polyvinyylikloridi (PVC) ja polypropeeni, sekä paineviemäreissä PVC ja polyeteeni. Tarkastuskaivojen yleisimmät rakennusmateriaalit ovat erilaiset muoviyhdisteet tai betoni. (Ranta-Pere 2009, 14.)

### 2.3 Sekaviemärit

Sekaviemärijärjestelmässä hulevedet eli rakennetuilta alueilta poisjohdettavat sade- ja sulamisvedet, sekä jätevedet on johdettu samaan viemärilinjaan. Sekaviemäreiden rakentaminen on nykyään hyvin vähäistä, yleensä tehdään erillisviemäröinti, jossa hulevesille ja jätevesille on varattu omat viemärilinjat. Tämä johtuu jätevedenpuhdistamojen yleistymisestä. Sekaviemäröinti nostaa käyttö, sekä investointi kustannuksia, koska jätevedenpuhdistamot joudutaan mitoittamaan suurille virtaamille. Sekaviemärijärjestelmän hyvänä puolena kuitenkin on sen itsestään puhdistuvuus suurten virtaamien ansiosta.

Johdettaessa sade- ja sulamisvedet pois rakennetulta alueelta hulevesiviemäriä pitkin, valuvat vedet saattavat kuljettaa mukanaan runsaita määriä ravinteita, kiintoainetta ja raskasmetalleja. Nämä aiheuttavat vesistöön päästyään rehevöitymistä ja eroosiota. Sekaviemäreiden kautta tule-

vaa hulevettä puhdistavalla jätevedenpuhdistuslaitoksella on todellista hyötyä silloin, kun verkostoon valuvat hulevedet ovat erittäin ravinteikkaita ja likaisia. (Seppinen 2010, 25.) Suomessa sekaviemäreiden määrä viemäriverkostosta on Ympäristökeskuksen mukaan noin kymmenen prosenttia. Varmuutta sekaviemäreiden määrästä, sijainnista ja kunnosta ei kuitenkaan ole. (Kuismin 2010, 81–82.)

### 3 JÄTEVESIHUOLTOA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Jätevesiasioista säädetään useissa eri laeissa. Lainsäädäntö voidaan jakaa kolmeen pääryhmään, jotka ovat vesivarojen hyväksikäyttö ja suojele, yhdyskunnan rakentaminen ja yleinen terveydenhoito.

Jätevesihuollon kannalta keskeisimpiä lakeja ovat

- Vesihuoltolaki (119/2001)
- Vesilaki (587/2011)
- Ympäristönsuojelulaki (86/2000)
- Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999).

#### *Vesihuoltolaki (119/2001)*

Vesihuoltolain tavoitteena on turvata kohtuullisin kustannuksin toteutettava vesihuolto. Se velvoittaa, että saatavissa on hyvälaatuista ja moitteetonta talousvettä, sekä terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemäröinti. Vesihuoltolaki osoittaa vastuun vesihuollon järjestämisestä ja hoitamisesta kunnalle, kiinteistöille ja vesihuoltolaitoksille. Sen mukaan vastuu vesihuollon kehittämisestä on kunnalla. (*Vesihuoltolaki L 2011/119.*)

#### *Vesilaki (587/2011)*

Vesilain tavoitteena on vesivarojen ja vesiympäristön käyttö niin, että se on yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä. Sillä pyritään parantamaan vesivarojen ja ympäristön tilaa, sekä pyritään ehkäisemään ja vähentämään talousvedenhankinnasta, sekä jätevesien purkamisesta ympäristölle aiheutuvia haittoja. (*Vesilaki L 2011/587.*)

#### *Ympäristönsuojelulaki (86/2000)*

Ympäristönsuojelulaki toimii yleislakina ympäristön pilaamiselle. Se käsittää maaperän, vesistöjen, pohjaveden ja ilman pilaamisen. Ilmansuojelulailla pyritään torjumaan kaikki ympäristölle ja terveydelle haitalliset päästöt. Se velvoittaa mm. jätevesien yleisestä puhdistamisvelvollisuudesta, jätevesien käsittelymenetelmistä sekä jätevesien päästämisestä ympäristöön enennen niiden puhdistamista. (*Ympäristönsuojelulaki L 2000/86.*)

*Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)*

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määrätään vesihuollon rakentamisesta osana yleistä rakentamista ja suunnittelua. Lain tavoitteena on järjestää rakentaminen niin, että rakentamisessa luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään kestävästä kehitystä. Laki määrää myös rakentamisesta, joka on elinkaariominaisuuksiltaan kestävä kehityksen mukainen, sekä siinä vaaditaan rakentamisen suunnitteluun ja toteutukseen osallistuvilta henkilöiltä asiantuntemusta ja ammattitaitoa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki L 1999/132.)

Jätevesiasioita koskeva lainsäädäntö on yksi vuotovesitutkimuksen ajavista voimista. Vesihuoltolaissa sanotaankin, että viemäröinnin tulisi olla asianmukainen terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta. Vesihuoltolailla myös osoitetaan kenelle vastuu vesihuollon järjestämisestä kuuluu. Vesilaki edistää puolestaan vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä niin, että sen tulisi olla yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä. Vesilailla ja ympäristönsuojelulla pyritäänkin parantamaan vesistöjen- ja ympäristön tilaa, sekä vähennetään jätevesien purkamisesta ympäristölle aiheutuvia haittoja, minkä vuoksi molemmat lait ovat olennaisia vuotovesitutkimuksen kannalta. Myös Maankäyttö- ja rakennuslailla on vaikutus vuotovesiasioihin, koska se velvoittaa rakentamiseen osallistuvilta henkilöiltä asiantuntemusta ja ammattitaitoa, sekä sen tavoitteena on luoda edellytykset hyvälle elinympäristölle.

## 4 VIEMÄRIVERKOSTON VUOTOVEDET

### 4.1 Vuotovedet

Vuotovedet ovat viemäriverkoston kuulumattomia vesiä, jotka vuotavat viemäriin ympäröivästä maaperästä tai maan pinnalta kaivojen kansistojen, renkaiden tai putkivaurioiden seurauksena. Vuotovedet voidaan jakaa kahteen lähteeseen. Näitä ovat rikkonaisten jätevesiputkien sekä rikkonaisten kaivojen kautta putkistoon virtaavat pohja- ja maavedet (englanniksi Infiltration) että kiinteistöjen sadevesi- ja pintakuivatusjärjestelmien keräämät hulevedet. Hulevedet ovat rakennetuilta alueilta poisjohdettavia sade- ja sulamisvesiä. Hulevedet kulkeutuvat viemäriverkoston sekä tahattomasti että tarkoituksenmukaisesti, mutta ne eivät kuulu jätevesiviemäriverkoston. Hulevedet valuvat verkostoon johdettuina kattovesinä, salaojavesinä, pintavaluntana, sekä katujen- ja päällystettyjen alueiden kuivatusvesinä (englanniksi Inflow). (Seppinen 2010, 13.)

Maa- ja pohjavedet pääsevät verkostoon yleensä hajonneiden putkiyhteiden, liitossaumojen, hajonneiden putkien tai rikkinaisten kaivojen kautta. Sade- ja sulamisvedet kulkeutuvat verkostoon katto-, kaivatus- ja salaojavesien väärin liitántöjen, sekä kaivojen kansien kautta. Erityisesti väärinkytkeistä ritiläkansikaivoista aiheutuu runsasta vuotoa. Viemäriputken läheisyydessä olevat vesijohtoverkoston vuodot tai hulevesiviemärin vuodot voivat aiheuttaa veden virtausta viemäriverkoston. (Seppinen 2010, 14; Vesihuolto II: RIL 124-2. 2004, 464–465.)



Kuva 2 Toisen ja kolmannen betonirenkaan välinen liitos vuotaa. Valokuva Ville Häkkinen

Kuvasta 2 voidaan myös päätellä, että pohjavedenpinta on korkeammalla kuin toisen ja kolmannen betonirenkaan välinen vuotava sauma. Vuotoja voi olla myös alemmassa saumassa, sekä kaivon pohjalla, vaikka niiden vuotoja ei niin selvästi havaitse.

Vuotovesistä saattaa aiheutua pohjaveden pinnana alenemista vuotavien viemäreiden välittömässä läheisyydessä, sekä pitkän ajan seurauksena pohjaveden pinta voi laskea laajemmaltakin alueelta. Mikäli maalajit viemäreiden läheisyydessä ovat kokoonpuristuvia maaleja, vuotovedet voivat aiheuttaa merkittäviä painumia maanpinnalla. (Vesihuolto II: RIL 124-2. 2004, 464–465.)

#### 4.1.1 Pohja- ja maavedet

Pohja- ja maaveden korkeus, sekä määrä vaikuttavat merkittävästi vuotovesien määrään. Maanpinnan alle maa- ja kallioperään imeytyvät sade- ja sulamisvedet tai sinne jotakin muuta reittiä kulkeutuvat vedet ovat maavettä tai pohjavettä. Vettä kutsutaan pohjavedeksi silloin, kun vesi täyttää kaikki maassa ja kallionpinnassa olevat hiushalkeamat. Pohjaveden pinta on Suomessa yleensä 1–4 metrin syvyydessä. Pohjavedenpinnan ja maanpinnan välissä olevaa vettä kutsutaan maavedeksi. Maavesi täyttää vain osittain maan- ja kallionpinnan huokokset vedellä. (Geologian tutkimuskeskus.)

Sademäärä ja sateen kesto, vesistöjen vedenpinnankorkeus ja etenkin lumen sulaminen vaikuttavat maa- ja pohjaveden muodostumiseen. Veden maaperään imeytymiseen vaikuttaa useat eri tekijät, kuten maa- ja kallioperän vedenläpäisevyys, maaston muodot, pinnoitteet, maamassojen geologiset ominaisuudet sekä viemäröinti. Päälystetyillä alueilla vettä ei juuri imeydy maaperään, kun taas sopivassa metsämaastossa lähes kaikki vesi voi imeytyä maaperään. (Valtion ympäristöhallinto.)

Maa- ja pohjavesien liikkumiseen maaperässä vaikuttavat useat eri tekijät. Maa- ja pohjavesi virtaa maaperän vettä johtavissa kerroksissa painovoiman vaikutuksesta kohti vesistöjä. Maa- ja pohjaveden virtaukseen vaikuttavat olennaisesti maaperän geologiset ominaisuudet, kuten raekoko, vettä johtavan kerroksen paksuus, pohjavedenpinna kaltevuus ja veden läpäisevyys. Hienojakoisessa maa-aineksessa, kuten savessa virtaus on hidasta, kun taas sorassa se voi olla hyvinkin nopeaa. Vesien virtaukseen vaikuttaa myös kapillaari-ilmiö, jossa vesi nousee maaperän huokosissa painovoimaa vastaan molekyylisen välisten vetovoimien ansiosta. (Schauman 2012, 17.)

Maaperässä oleva vesi liikkuu myös haihtumisen seurauksena. Mitä lähempänä pohjaveden pinta on maanpintaa sitä enemmän maahaihdunnan määrä kasvaa. Haihduntaan vaikuttaa erityisesti

kuiva ja kuuma ilmasto, paljas maanpinta, joka altistuu auringon valolle, tuuli ja hienorakeinen maaperä. (Stormont & Coonrod 2004, 116.)

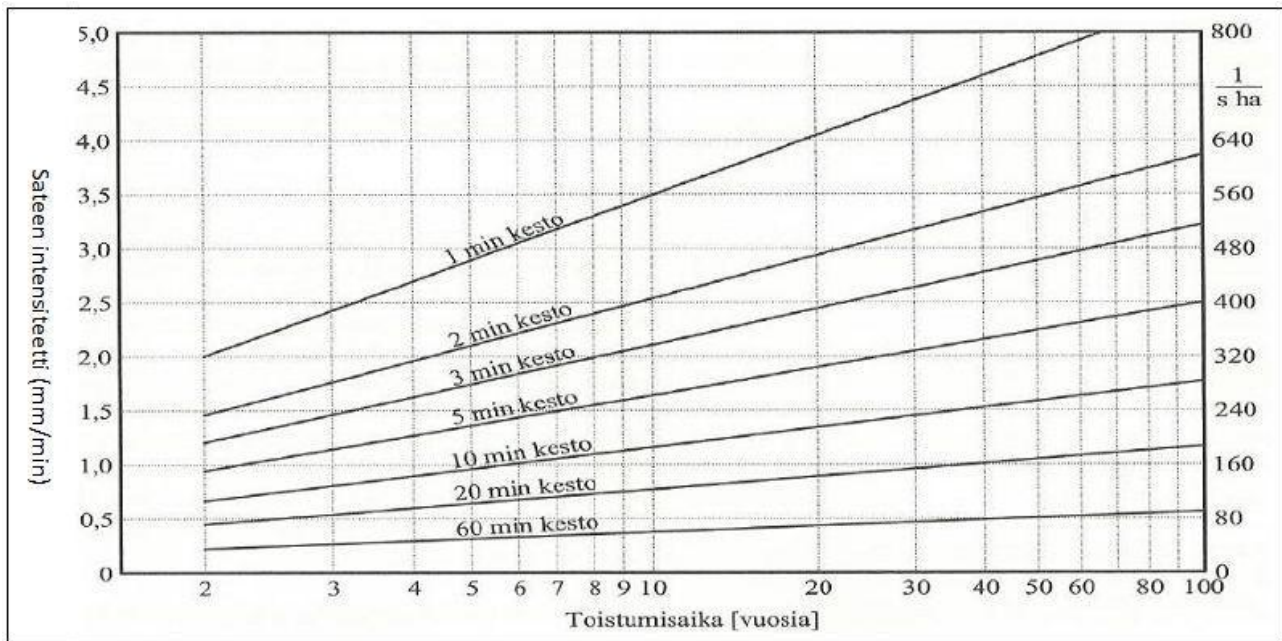
#### 4.1.2 Hulevedet

Hulevedet ovat rakennetuilta alueilta, maan pinnalta, rakennusten katoilta ja muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettavaa sade- ja sulamisvettä. Myös kiinteistöjen kuivatusvedet voidaan laskea hulevesiksi. Hulevesien määrään ja muodostumiseen vaikuttavat useat eri tekijät. Merkittävien on rakennetun ja pinnoitetun alueen määrä, eli se kuinka paljon alueella on vettä läpäisemätöntä pintaa. Mitä enemmän pinnoitettua aluetta on sitä enemmän ja nopeammin hulevesiä muodostuu. Taulukossa 1 on esitetty valuntakertoimia eri pintamateriaaleille. Muita merkittäviä tekijöitä ovat sateen rankkuus ja kesto, alueen hydro- ja geologiset ominaisuudet, sekä maaperän kuivuus. (Hulevesien hallinta, 2012, 14.)

Taulukko 1 Pintojen valumiskertoimien arvoja (RIL 124-2, 2004, Vesihuolto II, 462, Taulukko 117)

Pinnan laatu	Kerroin (n)
Katto	0,9
Betoni- ja asfalttipinta Tiivissaumainen kiveys Kallio	0,8
Kiveys hiekkasaumoin	0,7
Hyväkuntoinen soratie Kallioinen puuton poistoalue	0,5
Paljas, laakeahko kallio	0,4
Sorakenttä ja –käytävä	0,3
Puistomainen piha	0,2
Puisto, jossa on runsaasti kasvillisuutta Kallioinen metsä	0,15
Niitty, pelto, puutarha	0,10
Tasainen tiheäkasvuinen metsä	0,05

Suurimmat hetkelliset hulevesivirtaamat syntyvät aina kesäsateista, sillä lumen sulamisesta aiheutuvat suurimmat virtaamat ovat huomattavasti pienempiä, kuin vesisateista johtuvat virtaamat. Kuviossa 1 on esitetty vesisateista syntyviä virtaamia Suomessa. Toisaalta lumen sulaminen voi aiheuttaa jo vuorokausitasolla runsaampia virtaamia, kuin vesisateet, sillä rankkasateiden kestot ovat Suomessa lyhyitä ja toistumisajat pitkiä, kun taas lumensulaminen aiheuttaa runsasta virtaamaa ympäri vuorokauden.



Kuvio 1 Sateiden rankkuus Suomessa (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 461, kuva 355)

#### 4.2 Vuotovesien määrään vaikuttavat tekijät

Vuotovesien määrään vaikuttaa useat eri asiat. Merkittävimpiä ovat viemäreitä ympäröivän maaperän ominaisuudet, sademäärät, pohjaveden pinnan korkeus, viemäriin rakennusmateriaali, viemäriin kunto ja asentajien ammattitaito ja laittomien liitäntöjen määrä.

Vesisateiden määrä vaikuttaa vuotoveden määrään suoranaisesti, sekä myös hule- ja pohjaveden määrään. Sadevedet pääsevät kulkeutumaan pintavaluntana suoraan viemäriverkostoon vuotavien tarkastuskaivojen kansien kautta tai jos kiinteistöjen hulevedet on johdettu jätevesiviemäriin. Tarkastuskaivon kannenaukkojen kautta saattaa vuotaa jopa 5 l/s, riippuen kannen koosta, kansiston sijainnista katualueella, kannen rei'ityksestä ja kannen tiivyydestä. Hulevettä syntyy sateella ja lumiensulamisen aikaan runsaasti ja se imeytyy viemäreitä ympäröivään täytemaahan helpommin, kuin koskemattomaan maaperään. Näin ollen kaivannoissa voi olla runsaasti viemäriverkostoon vuotavaa hulevettä. Kaivannon karkearakeiset täyttömaat mahdollistavat myös veden liikkumisen kaivannossa, jos kaivantoon ei ole tehty esimerkiksi savisulkuja.

Maalajien rakeisuus ja vedenjohtavuus vaikuttavat viemäriverkostoon valuvaan vuotoveden määrään. Mitä läpäisevämpää maaperä viemäriputkien läheisyydessä on, sitä helpommin ja enemmän vettä saattaa päästä kaivannosta vuotokohtaan. Myös pohjaveden pinnankorkeus vaikuttaa vuotomääriin, sillä korkealla olevan pohjaveden pinta voi aiheuttaa runsasta vuotoa rikkiinäiseen viemäriputkeen. Pohjavedenpinnankorkeuden vaihdellessa vuodenaikojen mukaan myös vuotojen määrät vaihtelevat. Maalis-, huhti- ja toukokuussa vuotoja on eniten, mikä osittain johtuu korkealla



olevasta pohjavedenpinnasta. Viemärikaivannon täyttämistapa vaikuttaa kaivantoon tunkeutuvaan pohjaveden määrään, sillä väärin täytetyssä kaivannossa veden virtaus kasvaa suureksi ja yhdenkin vuotokohdan vaikutusalue voi kasvaa laajaksi.

Väärinkytkeytyt liitännät lisäävät verkostoon suoraan tulevan vuotoveden määrää runsaasti. Yleisimpiä väärinkytkeytyksiä ovat laittomasti kytketyt kattojen syöksyrännit, väärin kytketyt kadun syöksykaivot ja pihojen kuivatusvedet, jotka on johdettu viemäverkostoon. Esimerkiksi normaalikokoisen omakotitalon katolta voi kertyä rankkasateella sadevesiä 10 l/s. Edellä mainittuja kytkentöjä tulisi välttää, sillä ne voivat helposti aiheuttaa viemärin tulvimista, koska viemäriä ei ole mitoitettu hule- tai kuivatusvesille. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 465–466.)

#### 4.3 Vuotovesien määrä

Suomessa jätevesiviemäriverkoston vuotovesien määrään vuosittain vaikuttaa sateet ja lumen määrä. Vuosina 1997–1999 vuotovesien määrä on vaihdellut 54 miljoonasta kuutiometristä 240 miljoonaan kuutiometriin. (RIL 124-1 Vesihuolto I, 33.) Vesilaitosyhdistyksen vuonna 2008 julkaiseman vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportin mukaan vuotovesimäärät ovat suomessa kasvussa ja jätevedenpuhdistuslaitokselle tulevasta virtaamasta 43 % aiheutuu vuotovesistä (Taipale 2009, 2).

Talousvesiverkostoon pumpattava vesimäärä ei kokonaisuudessaan päädy asiakkaille, vaan keskimäärin noin 10 % johdetusta vedestä vuotaa jo vesijohtoverkostosta. Vuotovesien määrää pystytään mittaamaan, kun tunnetaan jätevedenpuhdistuslaitokselle tuleva veden määrä, sekä asiakkailta laskutettavaa talousveden määrää. Vuotovesi voidaan laskea näiden erotuksena.

Vuotovedet ilmoitetaan yleensä yksiköllä l/s johtokilometriä kohden ja suhdelukuna talousvesiverkoston pumpattuun veteen nähden. Edellä esitetyt suhteelliset luvut kuvaavat vuotoveden määrää paremmin, kuin absoluuttisena arvona esitetyt luvut, sillä vuotovesien määrä johtuu olennaisesti verkoston pituudesta. Viemäriverkostoa mitoitettaessa arvioidaan, että vuotovesien määrä on 0,3–0,6 l/s johtokilometriä kohden. Nykyään arvioidaan, että jäte- ja vuotovesien määrä suhde on 1,0 eli niitä on verkostossa yhtä paljon. Taulukossa 2 esitetään betoniviemäriille sallittuja vuotovesimääriä. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 466–467.)

Taulukko 2 Betoniviemäreille sallitut vuotovesimäärät (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 467, Taulukko 119)

Putken läpimitta (mm)	Sallittu vuotovesimäärä (l/s*Johto-km)
150	0,11
200	0,14
250	0,17
300	0,20
375	0,26
450 – 900	0,41

#### 4.4 Vuotovesien aiheuttamat haitat

Vuotovedet aiheuttavat vesilaitokselle mittavia teknisiä ja taloudellisia haittoja, sekä niistä aiheutuu haittaa myös ympäristölle. Tyypillisimpiä vuotovesien aiheuttamia haittoja ovat jätevedenpuhdistuslaitoksen ylikuormittuminen suurien virtaamien seurauksena. Suuret vuotovesimäärät viemäreissä muuttavat jäteveden laatua viilentäen sen lämpötilaa. Tämä heikentää puhdistustehoa jätevedenpuhdistuslaitoksella, sillä mikrobiologinen toiminta ei ole yhtä tehokasta viileässä, kuin lämpimässä vedessä.

Runsas vuotovedet voivat myös aiheuttaa jätevesiviemäriverkoston jäteveden tulvimisen kaduille, ympäristöön ja matalla padotuskorkeudella oleviin kiinteistöihin. Vuotoveden kuljettama hiekka ja muiden viemäriin kuulumattomien roskien määrä lisääntyy, mikä aiheuttaa pumppujen ja viemäriputkien korroosioita yhdessä suuren virtaaman kanssa. Hiekka ja roskat tukkivat viemäriputkia ja aiheuttavat tulvia viemäriverkostossa, sekä toimintahäiriöitä pumppaamoilla. Lisäksi runsaiden vesimäärien seurauksena jätevesipumput käynnistyvät useimmin, jolloin niiden käyttöikä lyhenee. Toisaalta runsaiden vuotovesien hyvä puoli on suurien virtaamien aikaansaama itsepuhdistuvuus. Suuret virtaamat poistavat viemäriin kasaantuvaa lietettä ja rasvaa, jolloin mahdolliset toimintahäiriöt vähenevät. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 464–468.)

Kaikkien edellä mainittujen haittojen kunnostaminen ja korjaaminen aiheuttaa taloudellisia rasitteita vesilaitokselle. Vuotovedet aiheuttavat edellä mainittujen lisäksi muitakin taloudellisia haittoja. Jätevedenpuhdistuslaitokselle jokaisen vesikuution puhdistaminen maksaa. Laitoksen sähkölasku nousee, mahdollisuudet häiriöihin lisääntyvät ja käytettävien kemikaalien määrä kasvaa. Tämä nostaa jätevedenpuhdistuskustannuksia, mikä näkyy asiakkailta veloittettavan jätevesimaksun määrässä. Pumppujen jatkuva käyminen lisää sähkönkulutusta, lisäksi kaikki vuotovesien aiheuttamat haitat sitovat henkilöresursseja.

Jätevesilaitoksen puhdistustuloksen heikkeneminen kuormittaa purkuvesistöä, mikä lisää vesistön rehevöitymistä, muuttaa sen luonnollista eliöstä sekä heikentää virkistyskäyttö mahdollisuuksia. Myös tulvien aiheuttamasta ylikuormituksesta aiheutuvat ohijuoksutukset lisäävät vesistöön pääsevien ravinteiden määrää. Vuotavat putkilinjat voivat myös alentaa pohjaveden pintaa, jonka vuoksi maanpinta voi painua vuotokohdalta. (Karttunen 1999, 134.)

## 5 JÄTEVESIVIEMÄREIDEN VUOTOVESIEN TUTKIMUSTEMENETELMÄT

### 5.1 Virtaus mittaukset

Vuotovesien tutkimusmenetelmiä on useita, joista eniten käytettyjä ovat sähkönkulutuksen tarkkailu, silmä määräiset tutkimukset, virtaama mittaukset, Vuove-menetelmä, TV-kuvaus ja savukoe. Tässä työssä käsitellään vain osaa vuotovedentutkimus menetelmistä, tarkasteltavana ovat erityisesti Varkauden kaupungissa vuotovesien tutkimiseen käytetyt menetelmät.

Tärkeimpiä tietoja vuotovesitutkimuksessa on jätevesiviemärivereden määrä ja määrän vaihtelut. Jäteveden määrää mitataan virtausmittauksin, mittaukset voidaan toteuttaa siirrettävillä tai kiinteillä virtausmittareilla viemäriverkostossa, jätevedenpumppaamoilla ja jätevedenpuhdistuslaitoksella. Jätevesilaitoksella mitatusta virtaamasta saadaan tieto koko viemärivereden määrästä, mutta siellä ei pystytä erittelemään, mistä vedet ovat peräisin. Kokonaisvirtaaman määrä on kuitenkin välttämätön tieto vuotovesitutkimuksissa, sillä siitä voidaan päätellä jätevesiviemäriverkoston vuotojen kokonaismäärä vertaamalla jätevedenpuhdistuslaitokselle tulevan jäteveden määrää laskutettuun veden määrään. (Hietanen 2008, 15–16.)

Jätevesiverkostossa ja jätevedenpumppaamoilla tehtävistä virtausmittauksista saadaan tarkempaa tietoa jäteviemärivereden lähteestä. Pumppaamoille virtaava vesimäärä muodostuu yleensä useamman tonttikadun ja kokoomakadun muodostamalta alueelta. Pumppaamoiden virtausmittauksista saadaankin tieto esimerkiksi tietyltä pumppaamoalueelta tulevasta vedenmäärästä. Viemärivereden määrää mitataan myös johto-osa kohtaisesti, jolloin saadaan hyvin tarkkaa tietoa viemärivereden lähteestä. Yleensä johto-osakohtaiset mittaukset toteutetaan siirrettävillä virtausmittareilla. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 652–653.)

### 5.2 Sähkön kulutus

Sähkönkulutuksen tarkkailu on helppo, yksinkertainen ja kustannustehokas keino vuotovesien määrän tutkimiseen. Sähkönkulutuksen tarkkailussa jätevedenpumppaamoiden sähkönkulutusta verrataan runsaiden vuotovesiajanjaksojen ja kuivien ajanjaksojen kesken. Kulutetun sähkön määriä vertaamalla voidaan laskea pumpatun veden määrä, kun tiedetään pumpun tuoton ja sähkönkulutuksen suhde. Pumpattuja vesimääriä vertaamalla saadaan melko tarkka arvio vuotovesien määrästä, mutta saadut arvot eivät ole täysin tarkkoja, sillä pumppujen tuoton ja sähkönkulutuksen suhde ei ole aina vakio.

### 5.3 Pumppujen käynnistymiskerrat

Samantyyppinen toimenpide sähkökulutuksen kanssa on pumppujen käynnistymiskertojen seuranta. Varkauden kaupungilla pumppujen käynnistymiskerrat tallentuvat sähköiseen järjestelmään, josta niiden seuranta on reaaliaikaista, koska tiedot päivittyvät tunnin välein. Pumppujen käynnistymisen laukaisee riittävän korkealle jätevedenpumppaamon säiliössä kohonnut veden pinta, jota mitataan esimerkiksi uimurin tai paineanturin avulla. Pumpun käyminen pysähtyy, kun vesipinta säiliössä on laskenut määrätylle tasolle. Runsaiden vuotovesien aikaan tämä vaihteluväli täyttyy nopeasti, jolloin pumppujen on käynnistytävä useammin vuorokauden aikana. Pumpatun jäteveden määrä tietyssä ajanjaksona voidaan laskea, kun tiedetään pumpun yhdellä käynnistymiskerralla pumpaama veden määrä. Pumpatun jäteveden määrä lasketaan kertomalla yhdellä käynnistymiskerralla pumpatun veden määrä pumpun käynnistymiskertoilla. Pumppujen käynnistymiskertojen tarkkailu on myös huollon kannalta hyvä asia, sillä yleensä pumppaamossa on kaksi pumppua, jotka käyvät vuorotellen. Mikäli pumppujen käyntikerrat poikkeavat huomattavasti toisistaan, voidaan olettaa, että toinen pumpuista on viallinen.

### 5.4 Silmämääräiset tutkimukset

Silmämääräiset tutkimukset eivät sovellu kaikentyyppisten vuotojen tutkimiseen ja yleensä silmämääräisten tutkimusten apuna käytetään savukoe menetelmää. Mikäli alustavien tutkimusten perusteella todetaan vuotoja esiintyvän lumensulamisen aikaan, kannattaa tutkiminen aloittaa käymällä läpi alueen tarkastuskaivoja silmämääräisesti. (Jalonen 2010, 18.) Silmämääräisten tutkimusten peruserätyksenä on tutkia kaikki viemäriin kuuluvat tarkastuskaivot edeten kohti päätekaivoja ja seurata putkissa kulkevaa veden määrää, sekä kiinnittää huomiota tarkastuskaivojen vuotoihin ja kuntoon. Huomioita kannattaa tehdä myös veden väristä ja lämpötilasta, sillä runsaasti vuotovesiä sisältävä jätevesi on usein kirkkaampaa ja kylmempää, kuin jätevesi.

### 5.5 Tarkastuskaivojen kuntokartoitus

Tutkimuksen yhteydessä saneeraustoimenpiteitä vaativista tarkastuskaivoista laaditaan kaivokortti. Kaivokorttiin merkitään kohde, sijainti, kaivon tunnus, laji, kaivon- ja kannen materiaali, lisätiedot, sekä kuva kaivosta. Siihen merkitään myös tulevat ja lähtevät putket, sekä niiden liitossuunnat, putkikoot, materiaalit ja mitattu virtaus (Liite 1.) Tutkittaessa tarkastuskaivoja osana vuotovesitutkimusta niistä löytyy usein vuotojen lisäksi vikoja, kuten renkaiden siirtymiä, halkeamia, kanisirikkoja ja muita rakenteellisia vaurioita, jotka eivät vuoda tutkimushetkellä. Myös nämä viat merkitään kaivokorttiin. Tarkastuskaivojen kuntokartoituksessa kiinnitetään huomiota jokaiseen vikaan. Erityisesti huomiota kannattaa kiinnittää saumoihin ja läpivienteihin. Esimerkiksi tyypillinen vika be-

tonisessa tarkastuskaivossa on ensimmäisen ja toisen renkaan liitos, sekä ensimmäisen renkaan ja kannen soviterenkaan välinen liitos. Yleensä ne ovat auenneet routimisen seurauksena tai esimerkiksi lumen aurauksen yhteydessä. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 662–663.)

## 5.6 Savukoe

Yksinkertainen tapa viemäriin valuvien vuotovesien selvittämiseksi ovat savukokeella tehtävät tutkimukset. Savukokeessa viemäriverkoston puhalletaan tarkastuskaivojen kautta harmaata savua, joka tuotetaan Fog-Smoker savukehittimellä. Tarvittaessa savua saadaan myös muun värisenä, mutta harmaa on hyvä, koska se on helppo havaita. Savukehitin kehittää savun glykoli-pohjaisesta nesteestä, kehitetty savu on ihmiselle vaaratonta. Kokeella voidaan tutkia noin 500 metriä viemäriinjaa kerralla riippuen viemäriputkien koosta. (Harju 2009, 20.) Savukokeella saadaan yksilöllistä tietoa viemäriverkoston vioista, tukoksista ja virheellisistä liitoksista. Menetelmällä on helppo havaita viemäriverkoston kytketyt virheelliset liitännät, joista sade- ja sulamisvesiä ohjataan jätevesi-viemäriin syöksykaivojen, salaojien ja rännikaivojen kautta, kuten kuva 3 osoittaa. Savukokeen avulla saadaan tietoa myös tarkastuskaivojen kunnosta, sekä kiinteistökohtaisen tuuletusviemäröinnin toimivuudesta.



Kuva 3 Virheellinen kytkentä kiinteistön salaojakaivossa. Valokuva Ville Häkkinen

Savukokeella saadaan selville vuotavat viemärilinjat, mikäli viemärit kulkevat riittävän lähellä maanpintaa ja maaperä ei ole liian tiivis savun läpäistäväksi. Savukoe menetelmä ei itsessään ole aukoton tutkimusmenetelmä vaan apuna on käytettävä esimerkiksi silmämääräisiä tutkimuksia ja tv-kuvausta. (Jalonen 2010, 26., Forss 2005, 29.)

## 5.7 TV-kuvaus

Viemäreiden TV-kuvausta on hyvä käyttää savukoneella ja silmämääräisesti tehtyjen tutkimusten lisänä, mikäli epäilty vuoto ei selviä savu- tai silmämääräisten kokeiden perusteella. TV-kuvaus on laajalti käytössä oleva keino viemäreiden rakenteellisen ja toiminnallisen kunnon arviointiin. TV-kuvauksessa viemärilinja kuvataan putken sisäpuolelta sen kunnon arvioimiseksi, sillä saadaan tietoa myös vuodoista, vääristä liitännöistä ja tukoksista. Kuvauskojeeseen kiinnitettävien lisälaitteiden avulla voidaan tutkia putken kaltevuuksia ja painumia, sekä vettä täynnä olevissa suurissa putkissa voidaan apuna käyttää mm. kaikuluotausta. (Forss 2005, 27–28.)

## 6 VERKOSTON IÄN JA MATERIAALIN VAIKUTUS VUOTOVESIMÄÄRIIN

### 6.1 Betoniviemärin elinkaareen vaikuttavat tekijät

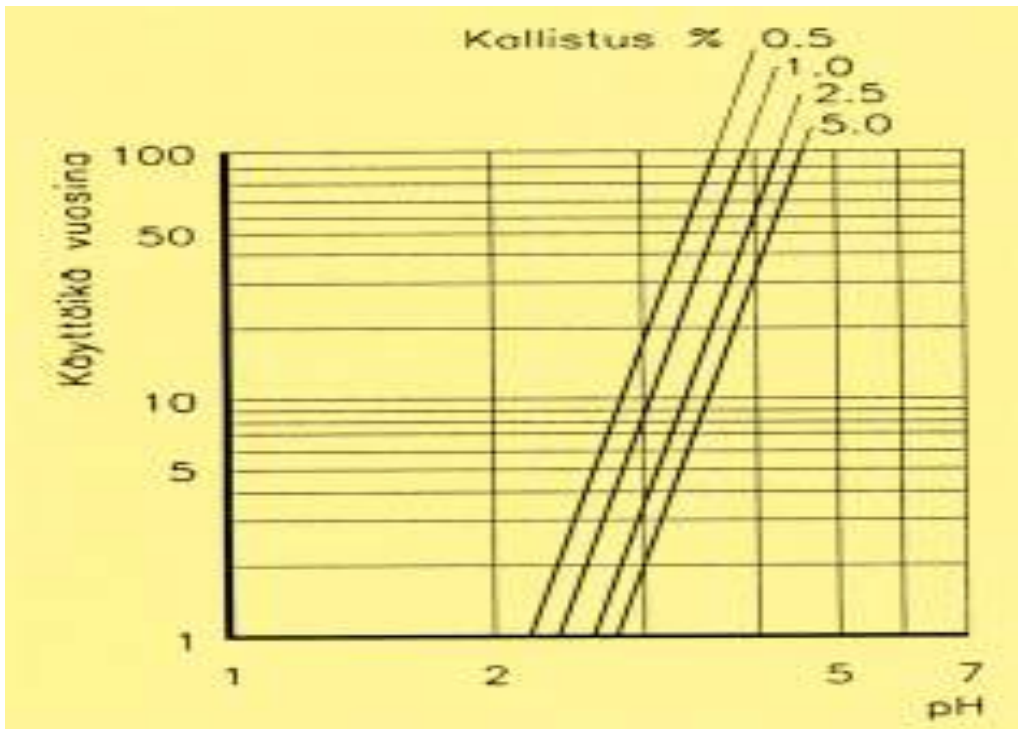
Suurin osa viemäriverkoston rakenteista sijaitsee maan alla, minkä seurauksena verkoston osien tulee olla mahdollisimman kestäviä, pitkäikäisiä ja vähän huoltoa vaativia. Betoni ja muovi, ovat yleisimmin käytettyjä viemärimateriaaleja ja ne kestävät hyvin ilmaston ja maaperän aiheuttamia rasitteita, kuten lämpötilavaihteluita ja kosteutta. Viemärin rakentamisaikaiset ja käytöstä johtuvat virheet aiheuttavat verkoston ennenaikaista kulumista lyhentäen verkoston elinkaarta huomattavasti. Esimerkiksi vuotovesien aiheuttama suuri virtaama ja sen kuljettamat roskat aiheuttavat tavallista nopeampaa korroosiota, mikä heikentää verkoston toimintakykyä ja lisää vuotovesiä. (Salonen 2011, 10.)

Betoni soveltuu viemärinrakentamiseen erinomaisesti sen hyvien kestävyysominaisuuksien ansiosta, varsinkin kehittyneet valmistustekniikat ovat lisänneet niiden käyttökelpoisuutta. Jätevesien mukana kulkeutuva kiintoainne aiheuttaa betoniviemäreiden kulumista, mutta betonin alhaisen vesisementtipitoisuuden ansiosta betoniset pintarakenteet ovat tiiviitä ja lujia, jonka takia ne kestävät hyvin mekaanista rasitusta säilyttäen vesitiiviiden. Normaleissa olosuhteissa betoni kestää myös maaperän ja jäteveden aiheuttamaa korroosiota hyvin. Kemiallisen rasituksen sietoon vaikuttaa erityisesti betonin valmistuksessa käytetty sementin määrä ja tyyppi, tiiviys, sekä sementtikiven huokoisuus. Näistä ominaisuuksista riippuu se, kuinka hyvin betonia vahingoittavat aineet voivat siihen tunkeutua. Haitallisimpia aineita betoniviemäreille ovat happamat ja sulfaattipitoiset jätevedet, joita esiintyy esimerkiksi sellu ja paperitehtaiden lähistöllä. Näillä alueilla oikeaa viemäriratkaisua kannattaa miettiä putkivalmistajan kanssa. (Rakennusteollisuus RT ry, 2003, 12.)

### 6.2 Betoniviemärin käyttöikä

Betoniviemäreiden käyttöikä riippuu asennustyönlaadusta, kaivannon täyttötöistä, maaperän olosuhteista ja maaperään kohdistuvasta kuormituksesta sekä putkessa johdettavan veden laadusta. Erityisesti betoniviemärin käyttöikään vaikuttaa veden happamuus, sekä virtausolosuhteet kuvan 4 osoittamalla tavalla. Käyttöiässä on myös otettava huomioon saumausaineiden ja raudoituksen kestävyys ja käyttöikä. Tavoitteeksi betoniviemäriä on asetettu noin 100 vuoden käyttöikä, tämä koskee nyky menetelmillä valmistettuja korkealuokkaisia putkia, joissa johdettava vesi täyttää ohjeiden asettamat määräykset. (Rakennusteollisuus RT ry, 2003, 14.)





Kuva 4 Veden happamuuden ja virtausolosuhteiden vaikutus betoniviemärin käyttöikään (Betoniviemärit 2003 -käsikirja, 14, kuva 3.22-1)

### 6.3 Muoviviemärin elinkaareen vaikuttavat tekijät

Nykyään vesihuollossa käytetään pääasiassa muovisia putkijärjestelmiä, joista polyvinyylikloridi PVC ja polyeteeni PE ovat yleisimmät käyttömateriaalit muovisissa viettoviemäri verkostoissa. Polyeteeni ja polypropeeni PP valmistetaan öljystä eli ne ovat kestumuoveja. PP ja PE hyvinä ominaisuuksina voidaan pitää muokattavuutta ja niitä voidaan sulattaa suurissa lämpötiloissa, näitä ominaisuuksia hyödynnetään putkien ja putkiyhteiden tuotannossa, sekä niiden liittämisen ja asennuksessa. (Uponor 2009, 16; 16–17; Salonen 2011, 13.)

Kaikkien muoviviemäreiden hyviä ominaisuuksia ovat niiden kestävyys jäteveden kemiallisesti aggressiivisia aineita, kuten öljyä ja rikkiä vastaan. Muoviviemärit ovat myös tiiviitä ja sileitä, jolloin jäteveden aiheuttama mekaaninen rasitus ja korroosio jäävät vähäisiksi. (Uponor 2009, 17; Salonen 2011, 13.)

### 6.4 Muoviviemärinkäyttöikä

Verkostossa sekä sitä ympäröivässä massa tapahtuvat fysikaalisten ja kemiallisten prosessien aiheuttamat vanhenemisen vaikutukset näkyvät muovisissa viemärimateriaaleissa yleensä vasta pitkän ajan jälkeen. Muovisten viemärimateriaalien käyttöä onkin laskettu noin 100 vuotta, mikä-

li ne on asennettu oikein ja niitä käytetään tarkoituksenmukaisesti. Betoniviemäreiden tavoin muoviviemäreiden käyttöikään vaikuttaa rakentamisen aikana tehdyt toimenpiteet ja ratkaisut, sekä verkoston käytön aikaiset olosuhteet. (Uponor 2009, 18; Salonen 2011, 14.)

Muovisten verkostomateriaalien käyttöikään vaikuttavat muun muassa ympäristön lämpötila ja happipitoisuus. Muovissa olevat polymeeriketjujen sidokset alkavat ajan myötä katkeilla ja muovi alkaa haurastua. Tämän prosessin estämiseksi muoviin lisätään valmistusvaiheessa lisäaineita, jotka sitovat happea ja estävät siten polymeeriketjujen hapettumista ja pidentävät näin käyttöikää. Uponorin tekemät tutkimukset osoittavat, että lämpötilan noustessa 10 °C:lla viemärin muovimateriaalien vanhenemisnopeus kaksinkertaistuu. (Uponor 2009, 18.)

## 7 VUOTOVESITUTKIMUS VARKAUDEN KAUPAUNGISSA

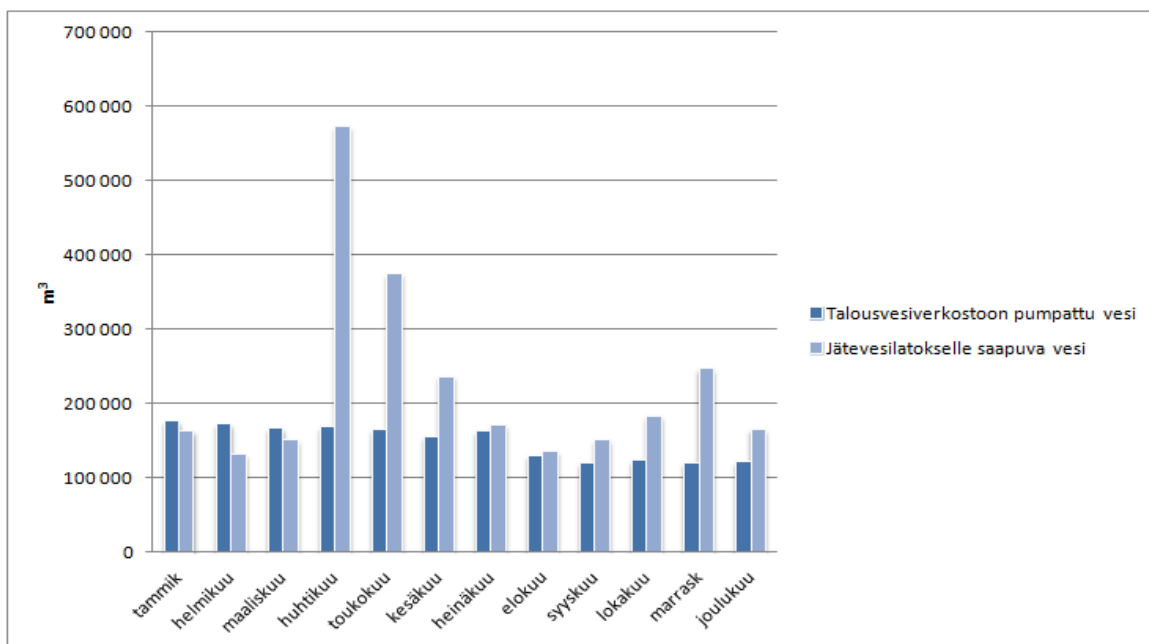
### 7.1 Tutkimuskohde

Varkauden kaupungin viemäriverkoston vuotovesitutkimuksessa tavoitteena oli selvittää jätevesi- viemäriverkoston vuoto kohtia ja vuotojen syitä maastotutkimuksin, sekä tehdä tutkimustuloksista sähköinen AutoCAD-pohjainen verkostotietoaineisto. Varkauden kaupungin jätevesiviemäriverkoston pituus on 230 kilometriä, joista 66 kilometriä on paineviemäriä, 137 kilometriä muovista ja 38 kilometriä betonista viettoviemäriä. Viemäriverkostoon kuuluu yhteensä 50 jätevedenpumppaamo. Vesihuollon palveluista Varkauden kaupungissa vastaa Keski-Savon Vesi Oy. Vesihuollon suunnittelua tekee Varkauden kaupungin tekninen toimi. Keski-Savon Vesi Oy vastaa vesihuollon järjestämisestä kaupunginhallituksen hyväksymällä toiminta-alueella. Toiminta-alueeseen kuuluu kantakaupungin (liite 2) lisäksi Kangaslampi ja Harjuranta. Tässä työssä tutkimusalueena oli kantakaupungin toiminta-alueella sijaitsevat Kaura-ahon, Kuvansin, Käärmeniemen Könönpellon ja Luttilan IVO alue.

### 7.2 Vuotovesien määrä Varkauden kaupungissa

Akoniemen jätevedenpuhdistuslaitokselle tullut jätevesimäärä oli vuonna 2010

2 685 914 m<sup>3</sup> eli keskimäärin 7 359 m<sup>3</sup>/d. Talousveden laskutettu vesimäärä oli 1 187 927 m<sup>3</sup> eli jätevedenpuhdistamolle tulevasta vedestä 56 % oli vuotovesiä. Vuonna 2010 viemäriverkoston pituus Varkaudessa oli 211 km eli vuotovesien määrä verkostokilometriä kohden on 0,23 l/s.



Kuvio 2 Vesijohtoverkostoon pumpatut ja jätevesilaitokselle vastaanotetut vesimäärät.

Kuviosta 2 voidaan nähdä, että suurimmat vuotomäärät kuukausittain ajoittuvat lumen sulamisen aikaan huhtikuulle, jolloin vuotoveden osuus jätevedenpuhdistuslaitokselle tulevasta vesimäärästä on 71 %. Vuonna 2010 syksy oli lämmin ja myöhään syksyllä satoi runsaasti, mikä nosti vuotovesien määrää marraskuussa. Pienimmät vuotovesivirtaamat ovat tammi-, helmi- ja maaliskuussa. Tammi-, helmi- ja maaliskuussa verkostoon pumpattu vesimäärä on jopa suurempi, kuin jätevesilaitokselle saapuva vesimäärä, mikä johtuu vesijohtoverkoston vuodoista ja viemäriverkoston vähäisistä vuotovesistä pakkaskaudella.

### 7.3 Viemäriverkoston vuotovesitutkimussuunnitelman laadinta

Varkauden kaupungin jätevesiviemäriverkoston vuotovesitutkimus aloitettiin lähtötietojen keräämisellä viemäriverkoston toiminta-alueelta. Tämän esiselvityksen avulla tutustuttiin viemäriverkoston rakenteeseen, kokonaisjätevesivirtaamiin sekä jätevedenpumppaamoiden pumppaamiin vesimääriin. Tärkeä osa esiselvitystä oli maastossa silmämääräisesti tehdyt havainnot esimerkiksi hajoneista kaivoista tai vääristä liitännöistä. Yleensä toiminta-alueen vesihuollosta vastaavalla toimijalla on hiljaista tietoa verkoston ongelmakohdista ja olisikin tärkeää, että tutkimuskohteena olevan viemäriverkoston hyvin tunteva henkilö olisi paikalla tutkimussuunnitelmaa laadittaessa.

Tutkimussuunnitelma koostuu viemäriverkoston eri osille laadittavista kohdekohtaisista maastotutkimussuunnitelmista. Tutkimussuunnitelmassa esitetään aluevalinnat, tutkimuksen aikataulu sekä arvio maastotutkimuksen toteutustavasta ja käytettävistä menetelmistä. Tutkimussuunnitelma esitetään aluekohtaisten piirrosten ja asialistan avulla. Tutkimussuunnitelma laadittiin yhteistyössä alueen vesihuollosta vastaavan henkilön, vesihuollonsuunnittelijan ja tutkimuksen toteuttavan osapuolen kanssa. Näin varmistettiin, että tutkimussuunnitelmassa asiat otettiin huomioon usealta eri näkökulmalta. Tämä vähensi itse tutkimuksessa tehtyjä virheitä, pienensi projektin riskejä ja näin ollen paransi projektin kannattavuutta. Tässä projektissa suunnitelman laadinnassa oli mukana verkoston kunnossapidosta vastaava vesihuoltoinsinööri, viemäriverkoston suunnittelu insinööri, sekä vuotovesitutkimuksen toteuttava osapuoli.

#### 7.3.1 Tutkimusalueiden valinnat

Tutkittavien alueiden valinta tehtiin tutkimussuunnitelmaa laadittaessa. Alueet pyrittiin valitsemaan niin, että tutkimuksista saatiin mahdollisimman nopeasti konkreettisia tuloksia. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, että valitut alueet olivat niitä, joissa vuotovesiä oli eniten ja vuotokohtien löytäminen olisi varmaa sekä saneeraus voitaisiin tehdä pienin kustannuksin. Aluevalinnat on esitetty liitteessä 3 vihreällä viivalla ympyröitynä.

Tutkimusalueita valittaessa tarkasteltiin eri viemäriverkoston osien pumppaamoiden pumppaamia vesimääriä (liite 4) runsaiden vuotovesien aikaan huhtikuussa. Näitä vesimääriä verrattiin ajanjaksoihin, jolloin vuotovesien määrä on pienimmillään. Vertailusta saatiin selville prosentuaalisesti eniten vuotavat jätevesiviemäriin osat.

Pumpattujen vesimäärien perusteella maastotutkimuskohteiksi valittiin taulukossa 3 eriteltyt alueet. Lutilan IVO alue, jossa pumpatun jäteveden määrä kuivaan aikaan oli 4 m<sup>3</sup>/vrk ja maksimi virtaama huhtikuussa oli 277 m<sup>3</sup>/vrk. Kaura-ahon alue, jossa minimi virtaama oli 350 m<sup>3</sup>/vrk ja maksimi virtaama 1238 m<sup>3</sup>/vrk. Kuvansin alue, jossa minimi virtaama oli 95 m<sup>3</sup>/vrk ja maksimi virtaama 1048 m<sup>3</sup>/vrk. Könönpellon alue, jossa minimi virtaama oli 159 m<sup>3</sup>/vrk ja maksimi 1131 m<sup>3</sup>/vrk. Käärmeniemen alue, jossa minimi virtaama oli 1137 m<sup>3</sup>/vrk ja maksimi 12367 m<sup>3</sup>/vrk.

Taulukko 3 Pumppaamojen tuotot

Pumppaamon N:o	Pumppaamo	Pumpattu vesimäärä (m <sup>3</sup> /vrk) (24.7.2010)	Pumpattu vesimäärä (m <sup>3</sup> /vrk) (12.4.2010)	Vuotovesien määrä (m <sup>3</sup> /vrk) (12.4.2010)
42	IVO 1	4	277	273
16	Kaura-ahontie	350	1238	888
15	Kuvansi	95	1048	953
8	Könönpelto	159	1131	972
32	Käärmeniemi	1137	12367	11230

### 7.3.2 Aikataulu

Vuotovesitutkimus aloitettiin toukokuussa 2011 aloituspalaverilla. Kesällä 2011 tarkoituksena oli saada noin puolet valituista alueista tutkittua. Touko-elokuussa 2011 tutkittiin Lutilan IVO, Kaura-ahon ja Kuvansin alueet, sekä osa Käärmeniemen alueesta. Tutkimuksia jatkettiin toukokuussa 2012, jolloin Käärmeniemen alueen tutkimukset saatettiin osittain loppuun ja kesä-elokuussa tutkittiin Könönpellon alue. Tutkimukset jatkuvat edelleen syksyyn 2016 saakka, jolloin koko Varkauden kaupungin viemäriverkoston vuotovesitilanteen pitäisi olla selvillä.

*Aikataulutukseen vaikuttavat tekijät*

Varkauden kaupungin vuotovesitutkimuksen aikatauluun vaikuttivat useat eri tekijät, joista merkittävämpiä olivat valitut tutkimusmenetelmät sekä tutkittavien alueiden ominaisuudet. Vuotovesitutkimuksen periaatteena oli, että jokainen tarkastuskaivo tarkastetaan, sekä jokainen linja tutkitaan savukokeella. Tekniikka oli hidas, mutta se antoi todella tarkkaa tietoa viemäriverkoston vuotokohdista. Tutkimuksen täsmällistä aikataulua oli haastava määrittää, koska tutkittavien alueiden ominaisuudet poikkesivat toisistaan, joka aiheutti työtahdin vaihtelua. Työtahtiin vaikutti useat eri tekijät, kuten alueen pinnoite, piirustusten tarkkuus, viemäriputkien koko, sää ja verkostoon liittyneiden kiinteistöjen määrä.

Työtahdin hidastumiseen vaikutti esimerkiksi tarkastuskaivojen kansien sijainti. Osa tarkastuskaivojen kansista oli piilossa maan alla, jolloin niiden etsintään jouduttiin käyttämään metallinpaljastinta. Tämän jälkeen kansi kaivettiin vielä esiin. Esimerkiksi hiekkapäälysteisellä tiellä puolenmetrin syvyydessä olevan kaivonkannen löytämiseen, kaivamiseen ja aukaisuun saattoi kulua puoli tuntia, kun vastaavan näkyvissä olevan kannen aukaisuun pinnoitetulla tiellä kului aikaa alle minuutti. Viemäriverkoston suunnitelmat eivät olleet tarkemitattuja, jolloin verkoston varusteet eivät välttämättä löytyneet suunnitelman mukaisista paikoista. Viemäreiden putkikoot vaikuttivat savukokeen nopeuteen, sillä mitä suurempi putken halkaisija oli, sitä hitaammin ja pienemmälle alueelle savu levisi viemäriverkostossa. Myös sää vaikutti merkittävästi savukokeiden tekemiseen, koska sateella savukokeet jouduttiin keskeyttämään. Kiinteistöjen määrä vaikutti työtahtiin, koska jokainen tonttiliittymä oli tarkastettava väärin kytkentöjen varalta. Kiinteistöjen tarkastamiseen kului runsaasti aikaa etenkin Kaura-ahon ja Könönpellon pientaloalueilla. Maastotutkimuksista saadun tiedon siirtämiseen sähköiseen järjestelmään tuli myös varata aikaa. Tieto siirrettiin osittain työpäivän päätteeksi ja lisäksi tiedonsiirtoon varattiin aikaa kaksi kokonaista työviikkoa tutkimusten päätyttyä.

### 7.3.3 Kohdekohtaisen maastotutkimussuunnitelman laadinta

Maastotutkimussuunnitelma laadittiin pääpiirteittäin jo tutkimussuunnitelmaa laadittaessa, jolloin päätettiin, että maastotutkimukset tehdään tutkimalla viemäriverkostoa silmämääräisesti, savukokein sekä tarvittaessa TV-kuvauksella. Tarkempi maastotutkimuksen toteutussuunnitelma tehtiin tutkimuskohteessa. Tutkimuskohteeseen tutustuttiin tarkastelemalla aluetta jalan, sekä käyttämällä samalla apuna piirustuksia alueen viemäriverkostosta.

Maastotutkimussuunnitelman laadinnassa tarkoituksena oli kartoittaa, missä järjestyksessä aluetta lähdetään tutkimaan. Erityisesti huomiota tuli kiinnittää viemäriin puhallettavan savun syöttöpisteisiin. Oikeilla syöttöpisteiden valinnoilla saatiin tutkittua suurempi alue kerralla, sekä vältettiin savun joutumista muihin viemäriverkoston haaroihin. Savun joutumista muualle kuin tarkoitettuun haaraan tuli välttää, koska sen poistuminen viemäriverkostosta kesti useita tunteja. Savua sisältävää viemäriä ei tällöin voitu tutkia silmämääräisesti, koska näkyvyys oli heikko. Tällöin savun poistumista viemäriverkostosta jouduttiin odottamaan, mikä hidasti työtahtia.

TV-kuvauksen tekemisestä päätettiin kenttätyöskentelyn aikana, ei maastotutkimussuunnitelman teon yhteydessä. TV-kuvaukset tehtiin, mikäli silmämääräisistä tutkimuksista tai savukokeesta ei saatu tarpeeksi tietoa viemäriverkoston vuotovesiin vaikuttavista tekijöistä. Tässä tutkimuksessa kaikkia linjoja ei kuvattu kustannussyistä.

#### 7.4 Esimerkki silmämääräisistä tutkimuksista ja savukoemenettelystä

Tässä osiossa esitellään, kuinka vuotovesitutkimuksen maastotutkimukset Varkauden kaupungissa etenivät. Tutkimusmenetelmän esittelyssä ei tarkastella kaikkia tutkittuja alueita ja kohteita, vaan tutkimuksen suoritus esitellään esimerkki kohteen avulla. Esimerkki kohteeksi valittiin Kaura-ahon alueelta liitteessä 5 kuvattu alue. Kaura-ahon alueen pääpumppaamon (Kaura-ahontie N:o 16) piiriin kuuluu noin 1850 asukasta ja vuonna 2010 sen maksimi virtaama 12.huhtikuuta oli 1089 m<sup>3</sup>, joista vuotoveden osuus oli noin 992 m<sup>3</sup>.

Tässä kappaleessa esitellään yksityiskohtaisesti, kuinka tutkimus Kaura-ahosta valitulla tutkimusalueella eteni. Tutkittavassa kohteessa on käytetty silmämääräisiä ja savukoetutkimus menetelmiä. Tutkittavan jätevesiviemäriverkoston linjat sekä savukokeen kannalta merkittävät risteykset ovat kuvattu liitteessä 6. Maastotutkimukset aloitettiin Kaura-ahontien pääpumppaamolta (pumppaamo N:o 16). Pääpumppaamolta tarkastettiin silmämääräisesti ja piirustusten avulla, kuinka monesta eri putkilinjasta jätevesi pumppaamolle johdetaan. Mikäli haaroja olisi useampi kuin yksi, kannattaisi virtauksia tarkkailla hetki silmämääräisesti ja arvioida viemäriverkostonhaara, josta vettä tulee suhteessa eniten viemäriverkostonhaaran kokoon verrattuna. Tutkimukset aloitettaisiin siitä haarasta, josta vettä tulee suhteessa eniten. Pumppaamon N:o 16 tapauksessa jätevesi johdetaan pumppaamolle yhtä linjaa pitkin, jolloin arviointia ei tarvinnut tehdä.

Jätevesiviemäriinja tarkastettiin järjestelmällisesti läpi tutkimalla silmämääräisesti jokainen tarkastuskaivo. Tarkastuskaivosta tarkastettiin kaivon materiaali, kannen materiaali ja tuloputkien koot, suunnat sekä materiaalit. Mikäli kaivossa oli jotakin viallista, siitä tehtiin viemärikaivokortti (liite 1). Lisätiedot kohtaan kirjattiin ilmenevät viat, sekä lisäksi kaivosta otettiin kuva, josta viat ilmenevät.

Erityisesti huomiota kannatti kiinnittää halkeamiin, betonirenkaiden välisten saumojen tiiviyyteen ja viemäriputkien läpivientien liitoskohtiin. Viemärikaivokorttiin kirjattiin myös kaivon tunnus, sekä sijainti. Varkauden vuotovesitutkimuksessa viemärikaivon tunnus on 300 -alkuinen numerosarja.

Jätevesiviemäriinjaa seurattiin käyden läpi kaikki tarkastuskaivot, kunnes tultiin merkittävään risteyskohtaan, jossa verkosto haarautuu kahteen tai useampaan haaraan (risteys A). Risteyksessä tehtiin silmämääräinen tarkastelu eri haaroista tuleville vesimäärille ja tutkittavaksi haaraksi valittiin se, josta jätevettä tulee eniten haaran kokoon nähden. Tässä tapauksessa tutkittavaksi alueeksi valittiin liitteessä 5 esitelty alue.

Alue lähdettiin tutkimaan edellä esitellyllä tekniikalla eli tarkastaen järjestelmällisesti kaikki tarkastuskaivot. Linja A tutkittiin ensimmäiseksi silmämääräisesti. Tässä tapauksessa risteyksessä B erkanevien haarojen vesimääriä ei tarvinnut ottaa huomioon sillä haarat ovat melko lyhyitä, eikä niiden tutkimusjärjestyksellä ole merkitystä silmämääräisissä tutkimuksissa.

Silmämääräisten tutkimusten jälkeen, linja A tutkittiin savukoemenetelmällä. Tärkeää savukoemenetelmässä oli huomioida savun syöttöpiste. Tässä tapauksessa savu syötettiin linjaan A risteyksestä B, siten että savua ei päässyt leviämään B linjaan. Tämä tehtiin asettamalla puhaltimen suutin linjan A jätevesiputken sisälle, jolloin savu ei levinnyt muihin, kuin haluttuun verkoston osaan. Savukoe kannatti tehdä A linjalle kahdessa osassa, ensiksi savua puhallettiin risteyksestä B kohti jäteveden pumppaamo, minkä jälkeen tutkittiin toinen osa viemäriinjasta A.

Savun annettiin levitä verkostossa noin 10–15 minuuttia riippuen savustettavan verkostonosan pituudesta, sekä putkien koosta. Savukoneen puhaltaessa savua viemäriin, aluetta lähdettiin tarkastamaan jalan ympäristöä tarkkaillen. Huomiota tuli kiinnittää erityisesti kiinteistöjen viemäri- ja hulevesikaivoihin, sekä katualueella oleviin rutiläkansikaivoihin. Lähiympäristöä tuli myös tarkkailla, sillä oli mahdollista, että savua nousisi kiinteistöjen syöksykaivoista ja -ränneistä, sekä paikoista, jonne savun ei tulisi päästä. Vuodon tai virheellisen kytkennän ilmettyä vuotokohta merkattiin tutkimuksissa apuna käytettyihin piirustuksiin, kohteesta tehtiin kaivokortti sekä vuotokohta kuvattiin. Kiinteistöjen tonttikaivoista ei kuitenkaan tehty kaivokortteja, eikä niitä kuvattu, vaan virheellisesti liittyneiden kiinteistöjen osoitetiedot kirjattiin ylös piirustuksiin merkaamalla.

Seuraavaksi linja B tutkittiin kauttaaltaan silmämääräisesti, jonka jälkeen sille tehtiin savukoetutkimus. Savu syötettiin viemäriinjaa B risteyksestä B, savun annettiin levitä viemäriinjaa B melko pitkään noin 15 minuuttia, sillä viemäriinja B on lähes 500 metriä pitkä. Syötettäessä savua B linjaan, alue tarkastettiin jalan seuraavaan savun syöttöpisteeseen risteykseen C asti. B linjan savu-

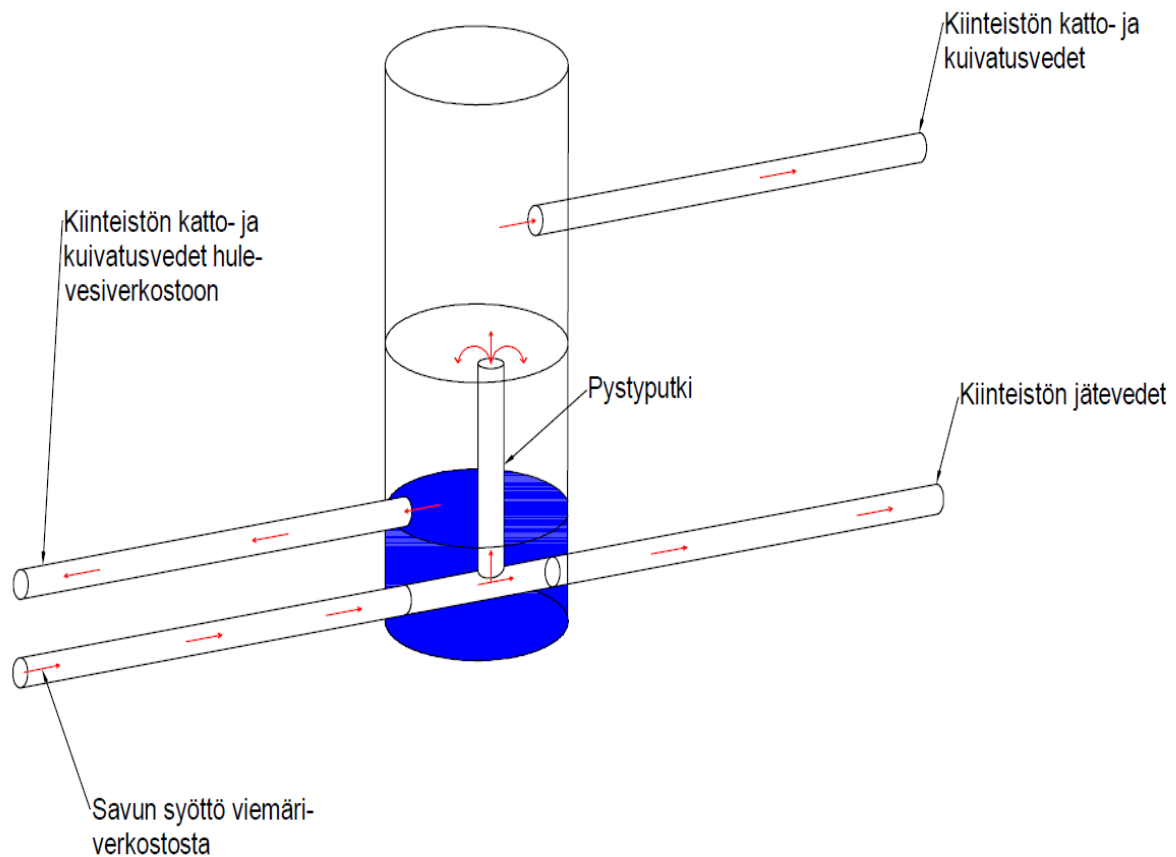


koetutkimuksesta savua kulkeutui vähän C linjaan, mutta B linjan pituuden takia kulkeutuminen oli hyvin vähäistä, eikä se haitannut C silmämääräisiä tutkimuksia.

Tutkittavan alueen viimeinen osa oli viemärilinja C, jonka tutkimukset aloitettiin samoin, kuin edellisten linjojen eli silmämääräisillä tutkimuksilla. Silmämääräisten tutkimusten jälkeen viemärilinja C tutkittiin savukoemenetelmällä kahdessa osassa. Savu syötettiin viemärilinjaan C risteyksestä C, siten että ensimmäiseksi tutkittiin oikealle erkaneva haara, jonka jälkeen suoraan ylöspäin erkaneva haara.

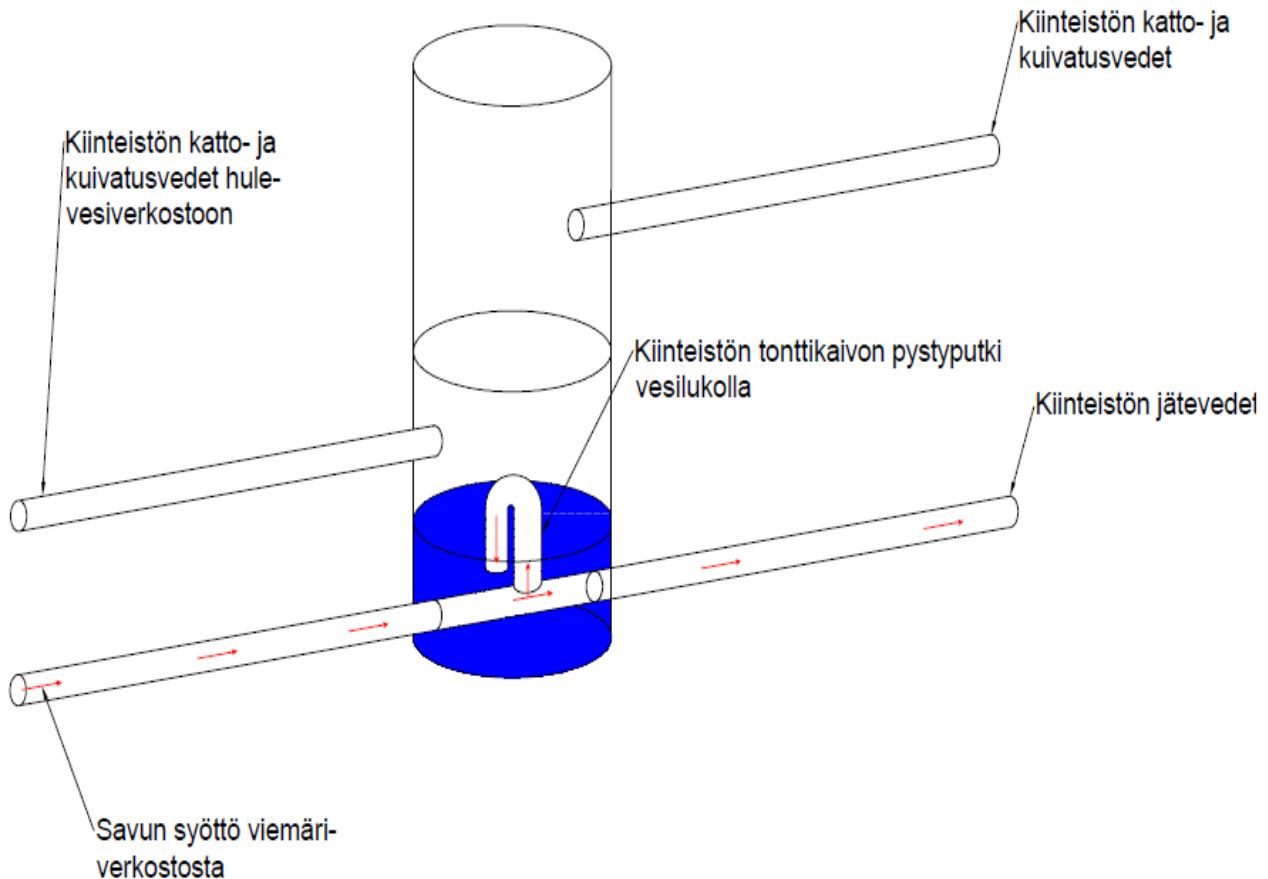
## 7.5 Savukokeen epävarmuustekijät

Savukoemenetelmällä tutkittaessa epäilty vuoto joudutaan usein varmistamaan silmämääräisesti. Erityisesti kiinteistöjen tonttikaivoista on syytä varmistaa, onko hulevesien pääsy jätevesiviemäriverkostoon estetty. Kuvassa 5 esitettävässä tilanteessa savu kulkeutuu tonttikaivoon jätevesiputken huoltoaukon pystyputkesta. Tällöin tonttikaivosta joudutaan tarkastamaan silmämääräisesti, että huleveden pääsy jätevesiverkostoon on estetty riittävän korkealla pystyputkella tai esimerkiksi viemäritulpalla. Tonttikaivon hulevesiputken suun tulee olla sijoitettu siten, että huleveden pinta ei koskaan kohoa niin korkealle, että hulevedet pääsisivät jätevesiviemäriverkostoon. Tonttikaivosta savu voi päästä kulkeutumaan hulevesiputkea pitkin myös katualueella kulkevaan hulevesiverkostoon kuvan 5 mukaisesti ja näin ollen savua saattaa nousta myös tontti- tai kokoojakadun ritaläksikaivoista, vaikka kyseessä ei ole virheellinen kytkentä.



Kuva 5 Savun kulkeutuminen tonttiliittymään yhdistetyssä tarkastuskaivossa on esitetty punaisilla nuolilla

Myös tonttikaivoissa olevat vesilukot aiheuttavat ongelmia savukoetutkimuksissa. Vesilukko estää savun pääsyn tonttikaivoon, jolloin savu ei pääse leviämään virheellisesti kytkettyihin viemäriin osiin. Tällöin pelkän savukokeen perusteella on mahdotonta sanoa onko kyseessä virheellinen kytkentä. Mikäli virheellistä kytkentää on syytä epäillä, kohde on tarkastettava silmämääräisesti. Kuvassa 6 on esitetty tyypillinen tonttikaivon vesilukko, sekä virheellinen kytkentä. Kuvassa 6 esitetään kiinteistön tonttikaivo, mihin johdetaan pihan kuivatus- ja kattovedet. Kuvassa vedenpinnan alapuolelle ulottuva pystyputken suu estää savun kulkeutumisen tonttikaivoon, minkä seurauksena savu ei pääse kulkeutumaan kiinteistön katto- ja kuivatusvesijärjestelmään, vaikka kyseessä olisi virheellinen kytkentä. Virheellisen kytkennän aiheuttaa tässä tapauksessa liian lyhyt pystyputki tai liian korkealle asennettu hulevesiputki, joidenka seurauksena hulevedet kulkeutuvat jätevesiviemäriverkostoon.



Kuva 6 Savun kulkeutuminen tonttiliittymään yhdistetyssä vesilukollisessa tarkastuskaivossa on esitetty punaisilla nuolilla

## 7.6 Savukokeen toimintahäiriöt


Savukokeen suorittamista häiritsevät ajoittain ilmenevät toimintahäiriöt. Häiriöistä johtuen savu ei pääse etenemään viemäriessä, mikä aiheuttaa kokeen epäonnistumisen. Yleisimpiä toimintahäiriöitä ovat viemäriverkoston painumat. Painumat ovat kohtia, jossa verkoston osa on notkolla. Notkoon kertyvä jätevesi aiheuttaa putkeen savun läpäisemättömän esteen, jolloin savu ei pääse leviämään halutulle alueelle. Toinen yleinen häiriötä aiheuttava tekijä on viemäritukos. Tukos voi olla aiheutunut roskista, wc-paperista ym. viemäriessä olevista roskista. Toimintahäiriöiden ilmetessä tulee toimia seuraavasti. Ensiksi selvitetään tarkastuskaivoihin katsomalla, kuinka laajalle alueelle savu leviää. Tämän jälkeen valitaan uusi savunsyöttöpiste alueelta, jonne savu ei ole levinnyt ja jatketaan tutkimuksia normaalisti.

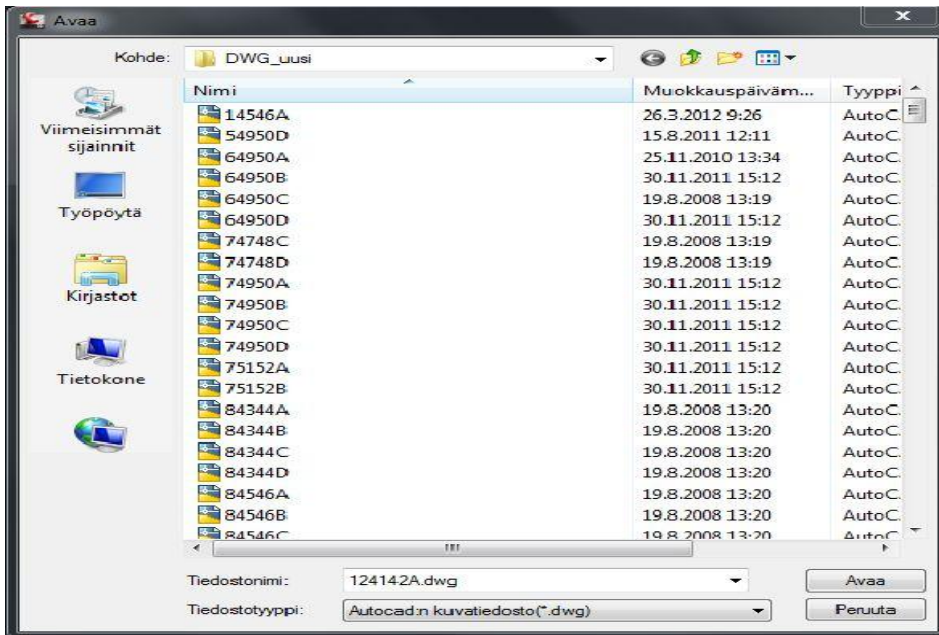
## 8 TUTKIMUSTULOSTEN KIRJAAMINEN JA ANALYSOINTI

### 8.1 Maastotutkimustulosten siirtäminen verkostotietojärjestelmään


Vuotovesitutkimuksen tulokset tallennettiin sähköiseen muotoon Varkauden kaupungin käyttämään Basepoint verkostotietojenhallintajärjestelmään. Verkostotietojenhallintajärjestelmään kirjattiin vain jätevesiviemäriverkoston tarkastuskaivojen viat. Kiinteistöjen tonttikaivoihin liittyneitä havaintoja ei kirjattu verkostotietojärjestelmään, vaan ne kirjattiin Excel-taulukoon (liite 7). Seuraavassa osiossa käydään läpi, kuinka maastotutkimuksista kerätyt tutkimustulokset kirjattiin verkostotietojärjestelmään.

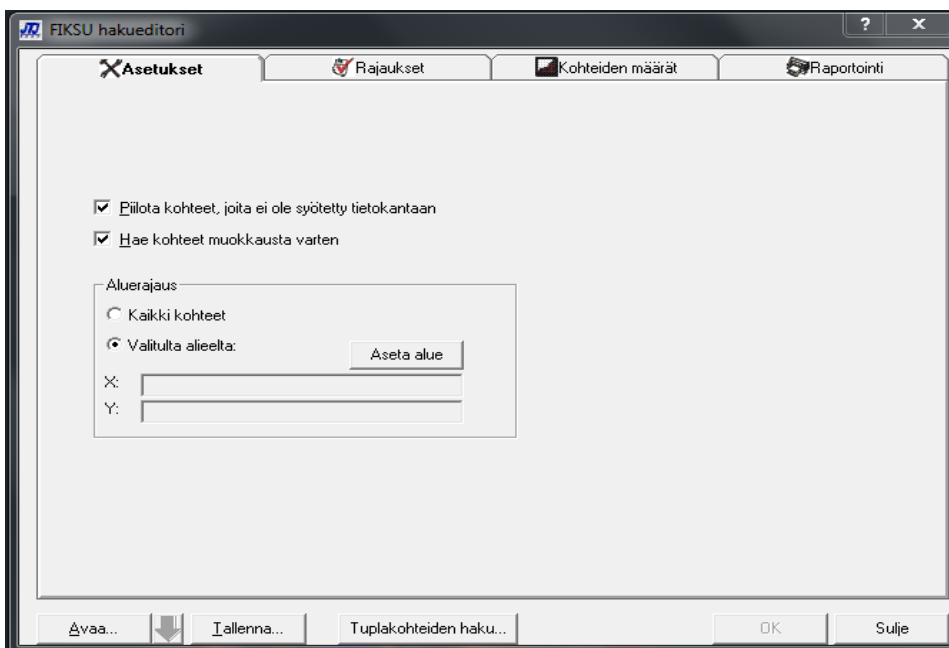
Tutkimustulosten kirjaaminen sähköiseen muotoon aloitettiin tekemällä kentällä täytetystä kaivokortista sähköinen versio. Tämä tapahtui kirjaamalla kentällä täytetyssä kaivokortissa olevat tiedot Excel-pohjaiseen kaivokorttiin. Samalla liitettiin myös kaivosta otettu kuva Excel-tiedostoon. Valmis Excel-pohjainen kaivokortti tallennettiin Varkauden kaupungin käyttämälle sähköiselle verkkolevyille, jolloin johtotietojärjestelmä pystyy avaamaan tiedoston käynnistettäessä johtotietojärjestelmästä tahansa päätteeltä, joka on yhteydessä verkkolevyyn.

Sähköisen kaivokortin teon jälkeen vuotokohta kirjattiin AutoCAD-pohjaiseen verkostotietojärjestelmään. Ensimmäinen vaihe vuotokohdan kirjaamisessa oli oikean karttapohjan haku verkkolevyllä. Tämä tapahtui painamalla johtotietojärjestelmän työkalupaneelin -painikkeesta. Karttapohja haettiin Varkauden kaupungin käyttämästä yleisestä karttahakemistosta, jossa karttapohjat ovat nimettyinä kuvan 7 osoittamalla tavalla. Oikea karttapohja valittiin katsomalla liitteessä 8 esitetystä lohkokaaviosta numerointi esim.124243A, jolle löytyy vastaavasti numeroitu DWG tiedosta karttahakemistosta. Haluttu karttapohja saatiin piirtymään valitsemalla tiedosto ja painamalla avaa-painiketta.



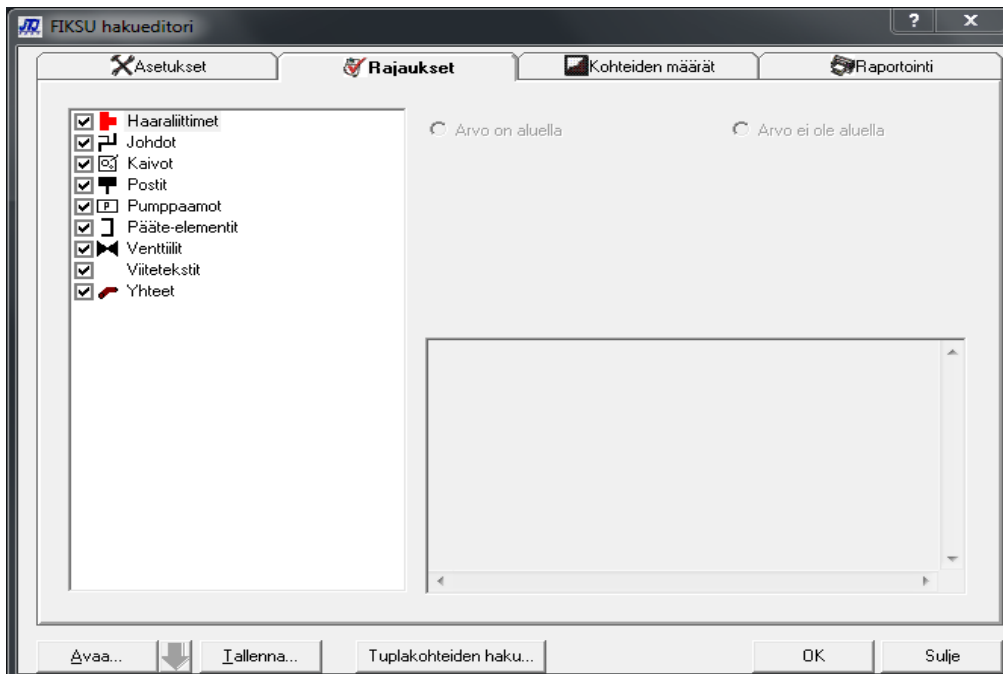
Kuva 7 Karttapohjat (kuvakaappaus Basepoint-ohjelmistosta)

Seuraavaksi karttapohjaan tuli luoda vesihuoltoverkosto, tämä tapahtui SQL-hakueditorin avulla painamalla -painikkeesta. Muokattaessa vesihuoltoverkosta täytyi SQL-hakueditorin asetuksista olla päällä valinnat "Hae kohteet muokkausta varten" sekä "Piilota kohteet, joita ei ole syötetty tietokantaan". SQL-hakueditorin asetusten aluerajauksella määritettiin alue, jolle vesihuoltoverkosto luotiin. Aluerajaus tehtiin "valitulta alueelta", jolloin vesihuoltoverkoston luontialue voitiin määrittää manuaalisesti painamalla "Aseta alue" painiketta. Kuvassa 8 esitetään SQL-hakueditorin asetukset.



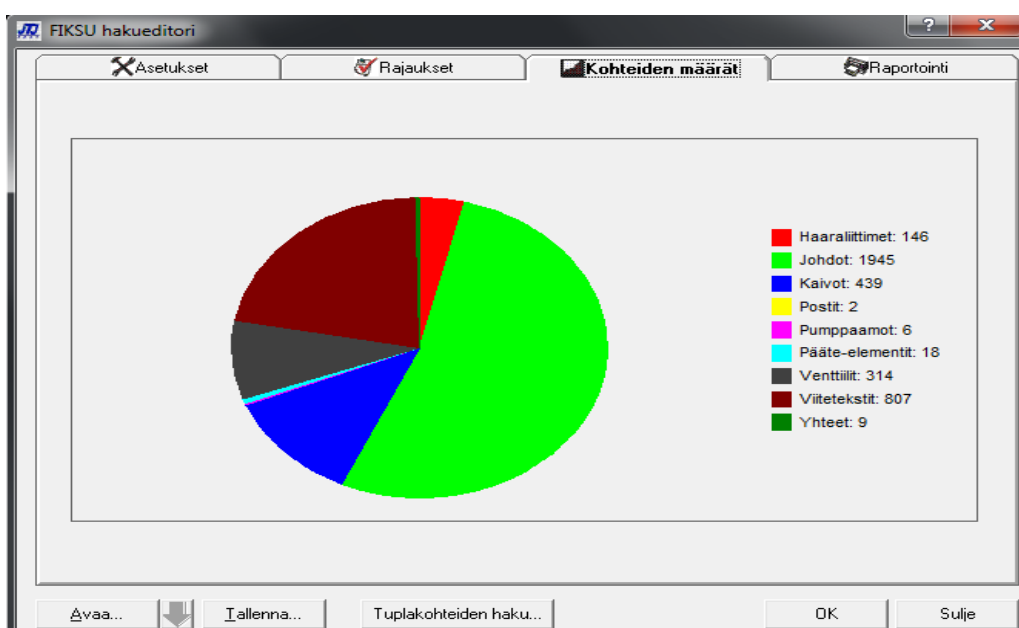
Kuva 8 SQL-hakueditorin asetukset (kuvakaappaus Basepoint-ohjelmistosta)

Asetusten säädön jälkeen valittiin objektit, jotka luotiin kuvaan hakueditorin rajaukset valikosta (kuva 9). Kuvaan luotiin kaikki vesihuoltoverkoston liittyvät objektit, klikkaamalla hiiren oikeanpuoleisella näppäimellä objektien valintaikkunaan ja painamalla ”valitse kaikki”.



Kuva 9 SQL-hakueditorin rajaukset (kuvakaappaus Basepoint-ohjelmistosta)

Luotavien kohteiden määrä tarkistettiin hakueditorin ”kohteiden määrä” valikosta (kuva 10), jossa näkyi jaoteltuna kaikki kuvaan luotavat kohteet. Mikäli kuvaan luotavia objekteja oli järkevä määrä, voitiin vesihuoltoverkosto luoda kuvaan painamalla OK -painiketta.



Kuva 10 Luotavien objektien määrä (kuvakaappaus Basepoint-ohjelmistosta)

Vesihuoltoverkoston piirtämisen jälkeen tehtiin saneerattavalle kohteelle huoltoraportti, sekä siihen liitettiin Excel-pohjainen kaivokortti. Tämä tehtiin avaamalla luodusta kuvasta haluttu jätevesikaivo, jolloin saatiin aukeamaan kohteen tiedot -valikko. Valikosta valittiin kohta ”huoltoraportti” (kuva 11) ja uusi huoltoraportti luotiin Uusi-painikkeesta.

[illegible]

Kuva 11 Kohteen tiedot – Huoltoraportit (kuvakaappaus Basepoint-ohjelmistosta)

Kohteelle luotuun huoltoraporttiin tuli syöttää kaivon tunnusnumero, joka on esimerkkikuvassa (kuva 12) 30040. Päivämäärän ja huoltajan tiedot ohjelma syötti automaattisesti. Huoltoriviltä voidaan tarkastaa kaivon viat ja mahdolliset saneeraustoimenpiteet.

**Huoltoraportti**

Número:  Päivämäärä:

Huoltajan tiedot

Tunnus:  Nimi:

Huolto rivit:


Tyyppi	Toimenpide	Tulos	Lisätiedot
<input type="checkbox"/> Jätevesikaivo	Virheellisen kyt...		Virheelinen kytk...

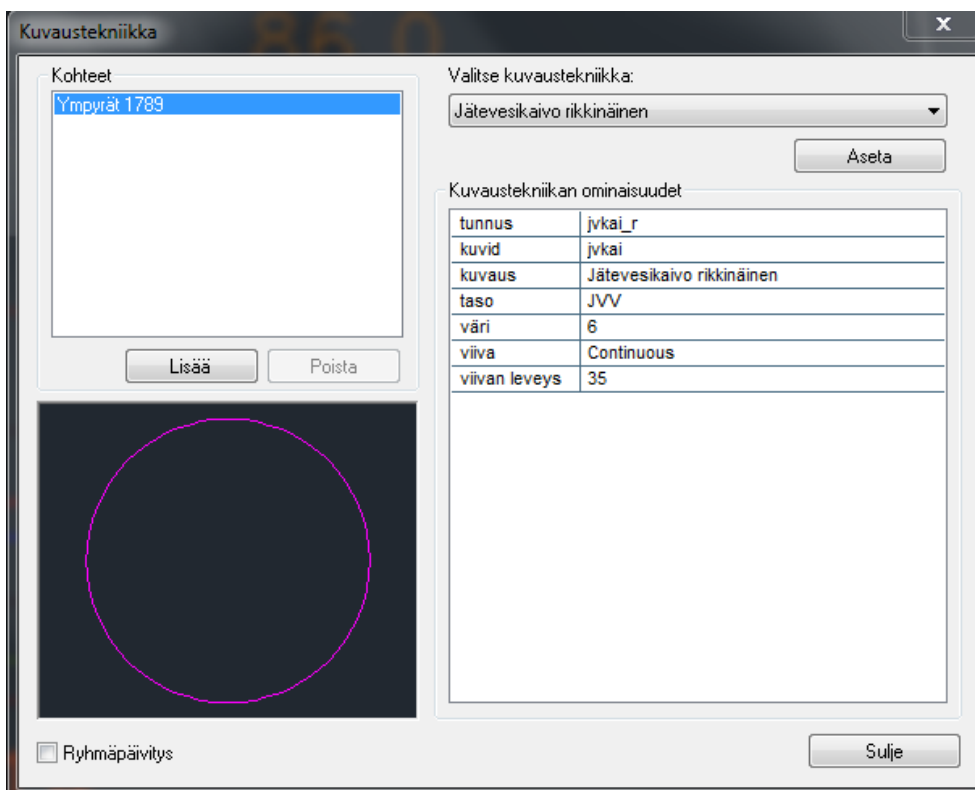
---

Kuva 12 Huoltoraportti (kuvakaappaus Basepoint-ohjelmistosta)

Uuden huoltorivin sai luotua huoltoraportin lisää-painikkeesta. Huoltorivillä määritetään jätevesikaivolle tehtävä toimenpide, sekä tarvittavat lisätiedot. Esimerkkikuvassa toimenpiteenä on Virheel- lisen kytkennän korjaus ja lisätietoina lyhyt kertomus virheellisestä kytkennästä.

Viimeinen vaihe tietojen viennissä sähköiseen järjestelmään oli jätevesikaivon kuvaustavan vaihto. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, että luodussa kuvassa oleva ehjä jätevesikaivo kuvattiin viallisena jätevesikaivona. Kuvaustekniikan vaihto helpottaa saneerauksen suunnittelua merkittävästi, sillä SQL-generaattorin avulla voidaan ohjelmalle tehdä kysely, jonka avulla saadaan poimittua tieto- kannasta haluttuja kohteita näkyviin. Näitä kohteita ovat esimerkiksi vialliset jätevesikaivot.

Kuvaustekniikan vaihto (kuva13) tapahtui -painikkeesta. Jätevesikaivo, jonka kuvaus haluttiin muuttaa, valittiin lisää -painikkeen kautta. Kaivonvalinnan jälkeen valittiin oikea kuvaus ”valitse kuvaustekniikka” alasvetovalikosta ja painettiin aseta -painiketta. Vaihdettaessa kuvaus esimerkiksi rikkinäiseksi jätevesikaivoksi, kaivon piirtyi kuvaan vaaleanpunaisella värillä.



Kuva 13 Kuvaustekniikan vaihto (kuvakaappaus Basepoint-ohjelmistosta)

Tonttikaivojen virheellisiä kytkentöjä ei merkattu johtotietojärjestelmään, vaan ne kirjattiin maastos- sa tutkimuksissa apuna käytettyihin piirustuksiin merkkamalla ruksilla väärin jätevesiviemäriver- kostoon liittynyt kiinteistö. Virheellisten kytkentöjen siirto sähköiseen muotoon tapahtui Microsoft Excel- työkalun avulla. Tonttikaivojen virheellisistä kytkennöistä tehtiin Excel- taulukko, johon kirjat-



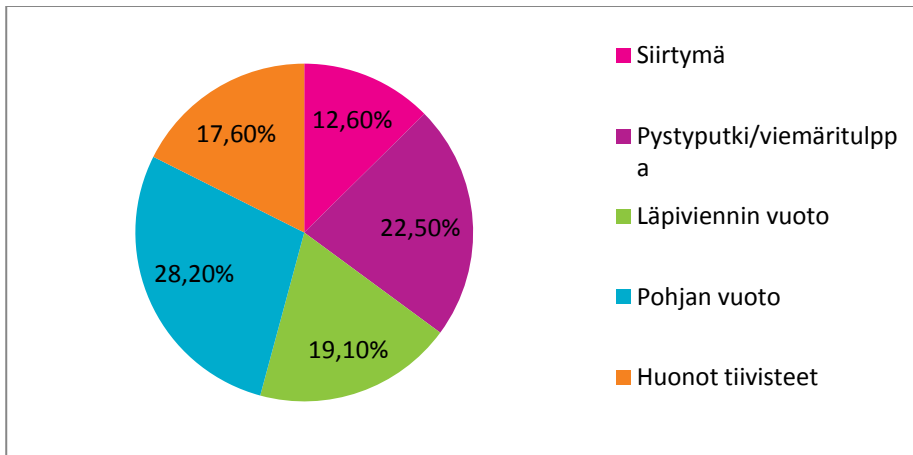
tiin virheellisesti liittyneiden kiinteistöjen tiedot (kaupunginosa, kortteli, tontti, osoite). Tonttikaivoja ei valokuvattu, eikä niistä tehty kaivokortteja. Virheellisesti jätevesiviemäriverkostoon liittyneet kiinteistöt on esitetty liitteessä 7.

## 8.2 Tutkimustulosten analysointi

Varkauden kaupungin vuotovesitutkimuksessa tutkittiin silmämääräisesti kaikki tutkittavien alueiden jätevesiviemäriverkoston tarkastuskaivot. Tarkastuskaivojen välisiä putkilinjoja ei kuitenkaan peilattu tai tutkittu. Virheellisten kytkentöjen silmämääräiseen tutkimiseen liittyi olennaisesti kiinteistöjen vesihuoltoliittymien oikeellisuuden tarkastaminen, jolloin myös kiinteistöjen tonttikaivot tutkittiin. Tutkimuksen eräänä tavoitteena oli, että jokainen kaivo tulee tarkastaa. Asetettuun tavoitteeseen ei kuitenkaan jokaisen kiinteistön kohdalla päästy, sillä usein kaivot olivat maanpinnan alapuolella tai kansistot olivat betonisia, jolloin niiden aukaiseminen ilman kaivinkonetta ei onnistunut.

Tässä vuotovesitutkimuksessa jokainen linja tutkittiin savukoemenetelmällä. Pelkästään savukoe-menetelmää käyttämällä ei pystytty kuitenkaan löytämään kaikkia vikoja, vaan savukoemenetelmä toimi hyvänä indikaattorina vuotojen, vikojen ja virheellisten kytkentöjen havainnoinnissa. Kun ei voitu olla varmoja viasta pelkän savukokeen perusteella, täytyi asia varmistaa silmämääräisellä tutkimuksella. Savukoe oli kuitenkin oleellinen osa tutkimusta, koska se paljasti tehokkaasti tonttiliittymien virheelliset kytkennät, jotka muuten olisivat jääneet huomaamatta. Savukoetutkimuksen yhteydessä voitiin myös todeta kiinteistön viemärituuletuksen toiminta, vaikka tätä ei tutkimuksessa varsinaisesti tavoiteltu. Yleensä kiinteistön omistajalle mainittiin, mikäli tuuletuksessa havaittiin ongelmia.

Varkauden kaupungissa jätevesiviemäriverkosto on kauttaaltaan heikossa kunnossa, minkä seurauksena vuotovedet kertyvät laajalta alueelta useasta eri pisteestä. Vuotovesitutkimuksessa vuotavia kohteita löytyikin runsaasti, mikä selittää suuret vuotovesimäärät. Yksittäisiä kohteita, joista vuotovettä tuli merkittävä määrä löytyi tutkimuksissa yksi kappale Käärmeniemen alueelta. Yhteensä vuotovesitutkimuksessa tutkittiin noin 1700 jätevesiviemäriverkoston tarkastuskaivoja. Näistä tarkastuskaivoista suurin osa oli betonisia. Viallisia kaivoja löytyi yhteensä 173 kappaletta. Lähes kaikki vialliset kaivot olivat betonikaivoja, koska viallisia muovisia kaivoja löytyi tutkimuksissa ainoastaan 3 kappaletta. Betonikaivojen viat, joista vuodot aiheutuvat, voidaan käytännössä jakaa viiteen eri vikatyyppiin. Yleisimmät viat ovat betonirenkaiden siirtymät, pystyputkien ja viemäritulp-pien puuttuminen, kaivon pohjan vuodot, viemäriputkien läpivientien vuodot sekä betonirenkaiden välisten tiivisteiden huono kunto. Kuvassa 14 on esitetty kuinka viat jakautuvat vikatyypeittäin.



Kuva 14 Tutkituista (1700 kpl) jätevesiviemärin betonisista tarkastuskaivoista löytyi 173 viallista kaivoa.

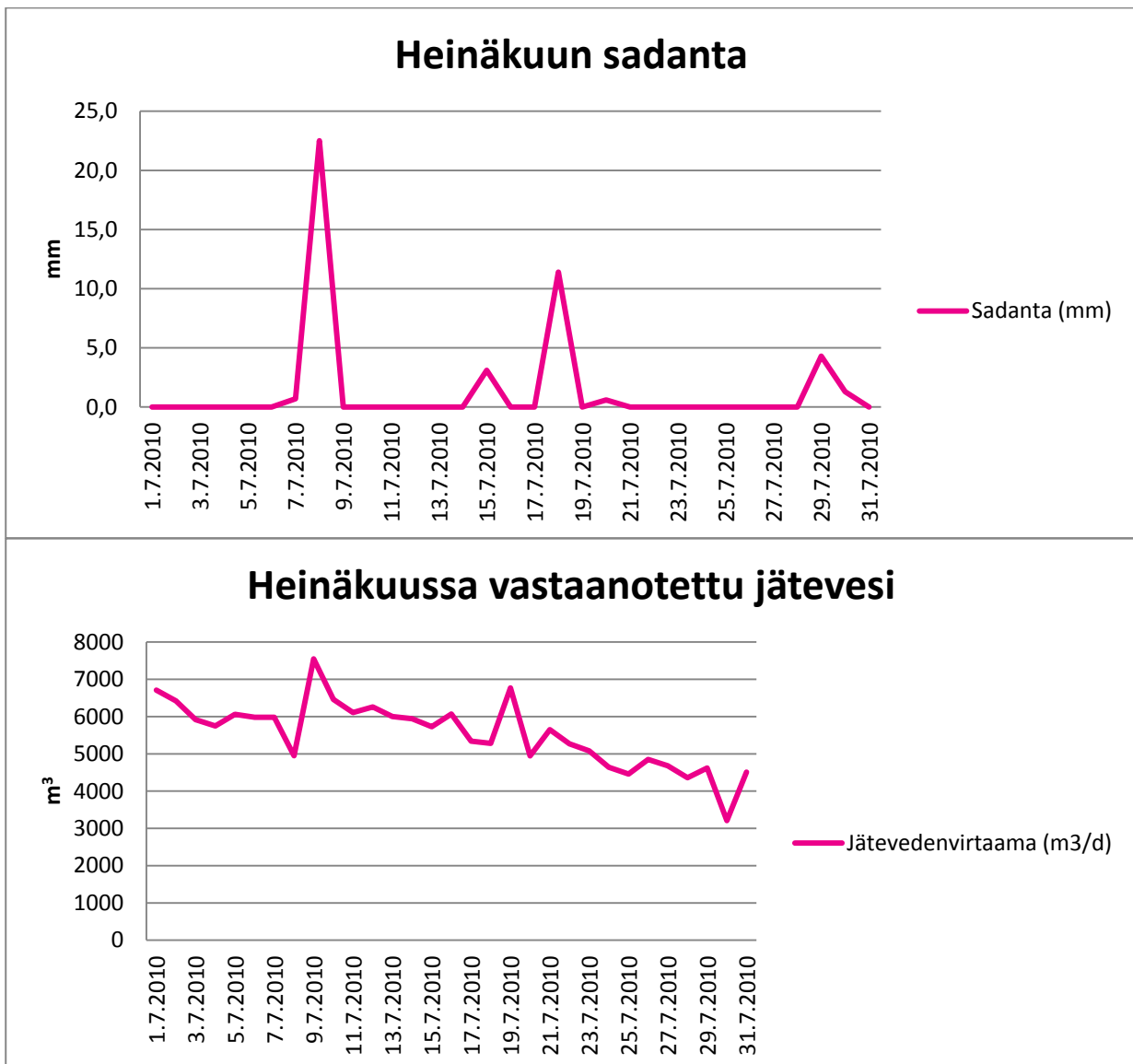
Tutkittujen tonttiliittymien osalta tulokset kirjattiin vain virheelliset tonttiliittymät. Virheellisellä kytkennällä liittyneitä kiinteistöjä löytyi tutkimuksessa yhteensä 210 kappaletta. Tutkittavilta alueilta kaikkia kiinteistöjä ei saatu tutkittua. Yleensä syynä tähän oli kaivon kannen sijainti syvällä maan alla tai raskaat betonikannet, joita on mahdoton siirtää ilman kaivinkonetta. Virheellisiä kytkentöjä löytyi useimmiten alueilta, jonne ei ole rakennettu erillisviemäröintiä hulevesille, jolloin katto- ja kuivatusvedet on johdettu jätevesiviemäriin. Tyypillisimmät vuotoa aiheuttavat viat tonttikaivoissa olivat pystyputken puuttuminen tai liian lyhyt pystyputki, sekä viemäritulppien puuttuminen. Toisaalta vioiksi voidaan lukea myös katto- ja kuivatusvesien johtaminen samaan tonttikaivoon kiinteistön jätevesien kanssa, mikäli ne pääsevät kulkeutumaan sieltä jätevesiviemäriverkostoon.

### 8.3 Sadannan vaikutus vuotovesiin

Varkauden kaupungissa sadannan vaikutus vuotovesimääriin on merkittävä. Vesisateet jätevesiviemäriverkoston toiminta-alueella näkyvät miltei välittömästi lisääntyneenä jäteveden määränä Akoniemen jätevedenpuhdistamolla. Sateiden loputtua jätevesivirtaamat laskevat myös nopeasti. Vesisateen aikana nopeasti nousevat jätevesivirtaamat kertovat siitä, että sadevedet pääsevät viemäriverkostoon lähes esteettömästi. Suuri osa jätevesiviemäriverkostoon kulkeutuvasta sadevedestä kulkeutuu sinne todennäköisesti virheellisten kytkentöjen kautta. Mikäli ne kulkeutuisivat viemäriin maakerrosten läpi suodattumalla, näkyisi se Akoniemen jätevedenpuhdistamolle tulevassa virtaamassa huomattavasti pidemmällä ajanjaksolla, sekä havaittavat virtaamien nousut olisivat tällöin myös huomattavasti vähäisempiä.

Kuvassa 15 esitetään sadannan ja puhdistamolle tulevan jätevesivirtaaman riippuvuus. Vesisademäärien ja jätevedenvirtaaman korrelointia on kuvattu tutkimuksen aloitusvuoden 2010 heinäkuun aikaan ilmenneillä sateilla ja jätevesivirtaamilla. Kuten kuvasta voidaan todeta, sateella on selvä

vaikutus jäteveden määrään, etenkin rankempien sateiden aikaan. Kuvasta voidaan erottaa selvästi kolme eri pistettä, joissa vesisateella on ollut selvä vaikutus jäteveden määrään. Ensimmäinen piste on 8.7.2010, sademäärältään 22,5 mm vesisade näkyy selvänä noin 2500 m<sup>3</sup>/d virtauksen kasvuna jätevesimäärissä. Toinen selvästi erottuva piste on 15.7.2010, sademäärältään 3,1 mm vesisade näkyy noin 200 m<sup>3</sup>/d virtauksen kasvuna jätevesimäärissä. Kolmas merkittävä piste on 18.7.2010, sademäärältään 11,4 mm sade kasvatti jätevesivirtaamaa noin 1600 m<sup>3</sup>/d. Merkillä pantavaa sademäärien ja jätevesivirtaaman korrelaatiossa on myös se, että suurin jätevesivirtaama saavutetaan lähes poikkeuksetta vesisateesta seuraavana vuorokautena. Tämä on todennäköisesti seurausta jäteveden kulkeutumisajasta, sekä puhdistamon vuorokausivirtaamien kirjauksen ajoittamisesta.



Kuva 15 Heinäkuun sadanta sekä jätevedenpuhdistamolle vastaanotettu jätevesivirtaama

#### 8.4 Tutkimustulosten pohjalta tehtävät ehdotukset vuotovesimäärien pienentämiseksi

Vuotovesitutkimuksessa löydetty vuodot, viat ja väärinkytkennot tulee saneerata, jolloin tutkimuksen konkreettiset hyödyt tulevat näkyviin. Saneerauksen suunnittelua helpottamaan tehtiin Varkauden kaupungin vuotovesitutkimuksessa löydettyistä vuodoista ja väärinkytkennoistä jaottelu saneerauksessa käytettävän työtavan perusteella. Saneerattavat kohteet jaoteltiin ilman kaivinkonetta tehtäviin kohteisiin ja kaivinkoneen avulla saneerattaviin kohteisiin. Jaottelu tehtiin kustannustehokkuuden varmistamiseksi, sillä ilman konetta korjattavat kohteet ovat usein nopeita ja vähän resursseja kuluttavia työtehtäviä.

Ilman kaivinkonetta korjattavat kohteet ovat yleensä nopeita asennus ja korjaustehtäviä. Yleisimpiä ilman kaivinkonetta korjattavia kohteita ovat viemärintarkastuskaivon pystyputken asentaminen ja korjaaminen, läpivientien tiivistyksen korjaaminen sekä viemäritulppien asentaminen. Kaivojen ylimmissä betonirenkaissa olevat pienet siirtymät, sekä kansistoissa olevat vauriot voidaan myös usein korjata ilman kaivinkonetta. Muovisten teleskooppikaivojen ja betonikaivojen renkaiden suuremmat siirtymät, halkeamat sekä suuremmat rakenteelliset viat ovat tyypillisiä tapauksia, joiden korjaamiseen tarvitaan kaivinkonetta.

Varkauden kaupungin viemäriverkoston alueella tonttiliittymien virheellisiä kytkentöjä tulisi myös vähentää huomattavasti. Erityisesti kiinteistöjen sade- ja kuivatusvedet aiheuttavat runsaasti lisäkuormitusta verkostolle, pumppaamoille ja jätevedenpuhdistamolle. Tämän takia olisikin aiheellista selvittää kiinteistöt, joilla on laillinen oikeus johtaa tonteiltaan sade- ja kuivatusvedet jätevesiviemäriin. Selvityksen jälkeen voitaisiin aloittaa toimenpiteet väärinkytkennojen vähentämiseksi.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Varkauden kaupungin vuotovesitutkimuksen tavoitteena oli löytää yksityiskohtaista tietoa jätevesiviemäriverkoston vuotokohdista, sekä saada tutkimuksissa kerätty tieto dokumentoitua sähköiseen järjestelmään helposti käytettävään muotoon. Tämä tutkimus oli ensimmäinen toimenpide Varkauden kaupungissa jätevesiviemäriverkoston vuotovesien vähentämiseksi.

Tutkimussuunnitelman laadinnan yhteydessä tehdyt aluevalinnat onnistuivat hyvin, sillä vuotoja löydettiin valituilta alueilta runsaasti. Vuotovesitutkimuksessa tutkittujen alueiden jätevesiviemäriverkoston tarkastuskaivoista noin 10 % todettiin viallisiksi. Tarkastetuilta alueilta löytyi myös paljon kiinteistöjen tonttikaivojen virheellisiä kytkentöjä. Toisaalta ennen tutkimusta oletettuja ritaläkansi-kaivojen väärinkytkentöjä ei tutkittavilta alueilta löytynyt yhtään kappaletta. On kuitenkin todennäköistä, että tulevaisuudessa tehtävissä jatkotutkimuksissa väärinkytkettyjä ritaläkansikaivoja löytyy etenkin Kommilan ja Kuoppakanakaan alueelta.

Varkauden kaupungin vuotovesitutkimukseen valitut tutkimusmenetelmät, silmämääräinen tutkimusmenetelmä sekä savukoemenetelmä soveltuivat erittäin hyvin tämän vuotovesitutkimuksen tutkimusmenetelmiksi. Edellä mainituilla tutkimusmenetelmillä saatiin tarkkaa tietoa vuotokohdista ja niiden määrästä, mikä oli tutkimuksen tavoite. Tutkimuksen tuli myös olla kustannustehokas, jolloin edellä mainitut tutkimusmenetelmät sopivat hyvin tähän vuotovesitutkimukseen. Savukoe-menetelmällä saatiin vuotovesitutkimusten ohessa tietoa kiinteistöjen viemärituuletuksen toimivuudesta, vaikka sitä ei varsinaisesti tutkittu. Vaikka maastotutkimuksista saadun tiedon siirtäminen verkostotietojärjestelmään on aikaa vievää työtä, se koettiin todella hyväksi menetelmäksi. Verkostotieto järjestelmä nopeuttaa ja helpottaa saneerauksen suunnittelua huomattavasti, koska kaikki tieto vuotovesitutkimuksesta on sisällytetty samaan ohjelmistoon yksityiskohtia myöten.

Varkauden kaupungin vuotovesitutkimus suoritettiin kesäaikaan, mikä ei ole paras mahdollinen aika vuotovesitutkimuksen tehokkaalle toteuttamiselle. Suorittaessa maastotutkimuksia kesällä jokainen viemäri joudutaan tutkimaan savukokeella ja käymään läpi silmämääräisesti, mikä hidastaa työtahtia. Parhaaseen työtehokkuuteen päästäisi runsaiden vuotovesien aikaan huhti- ja touku-kuussa, sillä silloin nähtäisiin selvimmin mistä haarasta suuremmat vuodot ovat peräisin ja mikä niitä aiheuttaa. Tällöin voidaan merkityksellisempiä jätevesiviemäriverkoston haaroja jättää tutkimatta, mikä säästää aikaa ja nopeuttaa työtahtia sekä parantaa lopputulosta.

## LÄHTEET

Forss, A. 2005, *Vesihuollon verkostojen ylläpidon perusteita*. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Yhdyskuntatekniikka. Tutkintotyö.

Geologian tutkimuskeskus. Tietopalvelut. mp-opas [viitattu 19.1.2013]  
Saataavissa: <http://www.gtk.fi>

Harju, K. 2009, *Vuotovedet ja niiden seuraukset jätevesiviemärissä*. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Kemiantekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

*Hulevesien hallinta*, 2012 [verkkodokumentti]. Kuntaliitto [viitattu 23.1.2013]. Saataavissa: [http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/tyt/tekntoimi/hulevesien\\_hallinta/Documents/Hulevesiopas%2016711.pdf](http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/tyt/tekntoimi/hulevesien_hallinta/Documents/Hulevesiopas%2016711.pdf)

Jalonen, M. 2010, *Vuotovesitutkimus Liedon kunnassa*. Turku: Turun ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Karttunen, E. 1999, *Vesihuoltotekniikan perusteet*. Helsinki: Opetushallitus.

Kuismin, L. 2010. *Ilmastonmuutoksen vaikutukset viemäröintiin ja jäteveden käsittelyyn*. Helsinki: Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu, Yhdyskunta ja ympäristötekniikan laitos. Diplomityö

Maa- ja metsätalousministeriö. 2009. *vesihuollon tukeminen, ympäristöopas*. Helsinki: Ympäristöministeriö

*Maankäyttö- ja rakennuslaki* L 1999/132. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 17.12.2012].  
Saataavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L1P12>

Rakennusteollisuus RT ry. 2003. *betoniviemärit 2003 -käsikirja*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Ranta-Pere, T. 2009. *Helsingin viemäriverkoston tulvahallinta*. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö

Salonen, J. 2011, *Kyrön ja Riihikosken viemärikaivojen kuntotarkastelu*. Turku: Turun ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

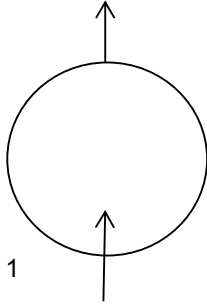
Schauman, H. 2012, *Kemialliset ilmiöt rakennustekniikassa*.  
Opinnäytetyö, Saimaan ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikka Lappeenranta. Opinnäytetyö.

- Seppinen, J. 2010. *Sekaviemärijärjestelmän hulevesikuormituksen vähentäminen*. Helsinki: Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Diplomityö.
- Stormont, J., Coonrod, J. 2004, *Water depletions from soil evaporation*. New Mexico: The University of New Mexico, Department of Civil Engineering.
- Taipale, P. 2009, *Uudet vesilaitosten vertailutiedot vahvistavat*. Kunta tekniikka (2), 43.
- Uponor Suomi Oy. 2009. *Uponor yhdyskunta- ja ympäristötekniikka materiaalit ja käyttöäät*.
- Vesihuolto I: RIL 124-1. 2003. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto.
- Vesihuolto II: RIL-124-2. 2004. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto.
- Vesihuoltolaki* L 2001/119. Finlex. Lainsäädäntö [Viitattu 17.12.2012].  
Saatavissa:<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119#L8P36>
- Vesilaitosyhdistys. Vesihuolto [Viitattu 20.12.2012].  
Saatavissa:<http://www.vvy.fi>
- vesilaki* L 2011/587. Finlex. Lainsäädäntö [Viitattu 17.12.2012].  
Saatavissa:<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>
- ympäristö.fi. Lounais-suomi. Ympäristön tila. Pohjavesi. Pohjaveden määrä ja laatu. [viitattu 30.11.2012].  
Saatavissa: [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)
- Ympäristönsuojelulaki* L 2000/86. Finlex. Lainsäädäntö [Viitattu 17.12.2012].  
Saatavissa:<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086#L2P10>

## VIEMÄRIKAIVOKORTTI

	KOHDE	Viemärikaivo			Toteutusajankohta		
	SIJAINTI				Kaivon tunnus		
	Sääolosuhteet				Karttaliitteen n:o		

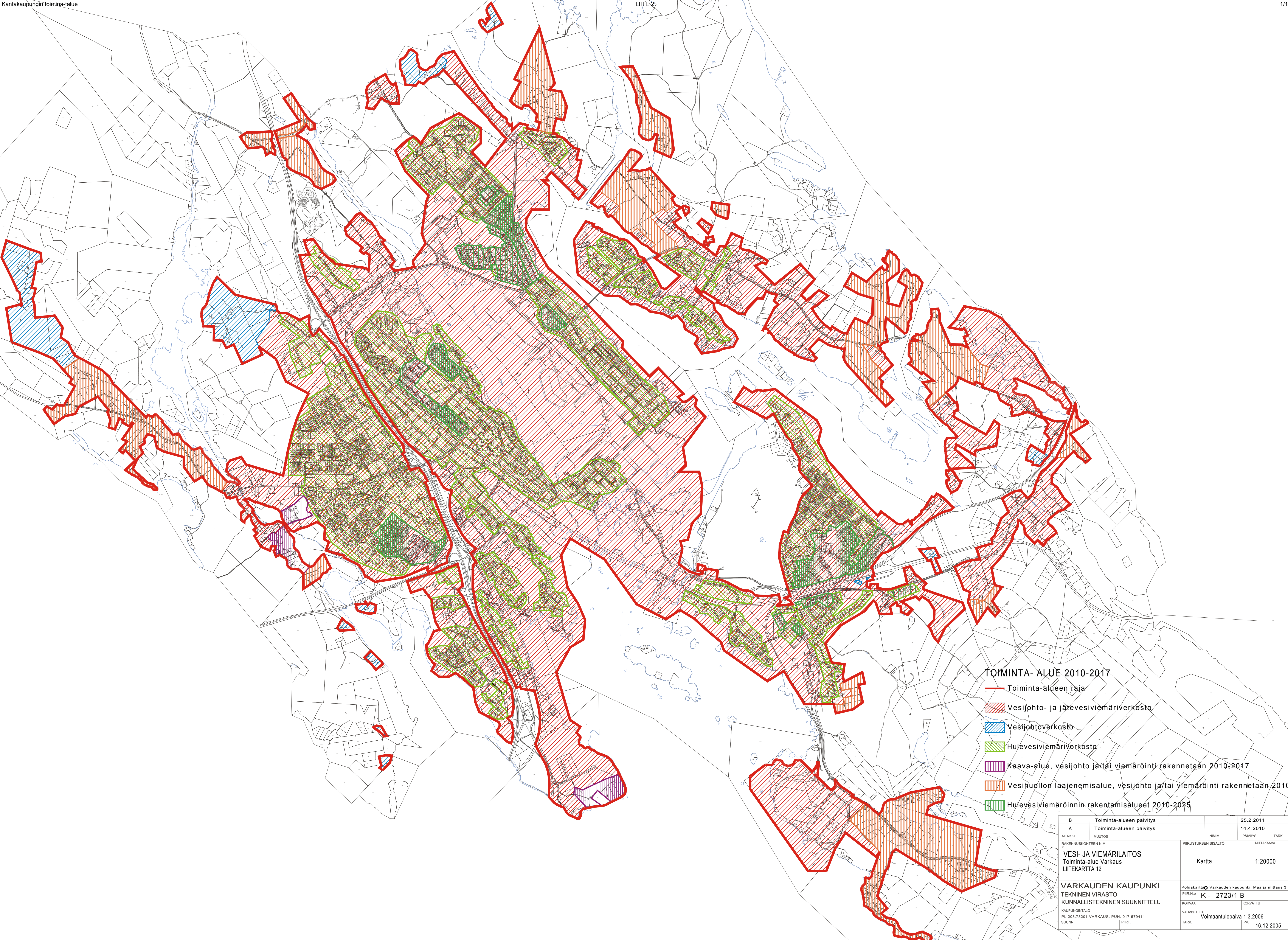
Lähtö n:o 0



1

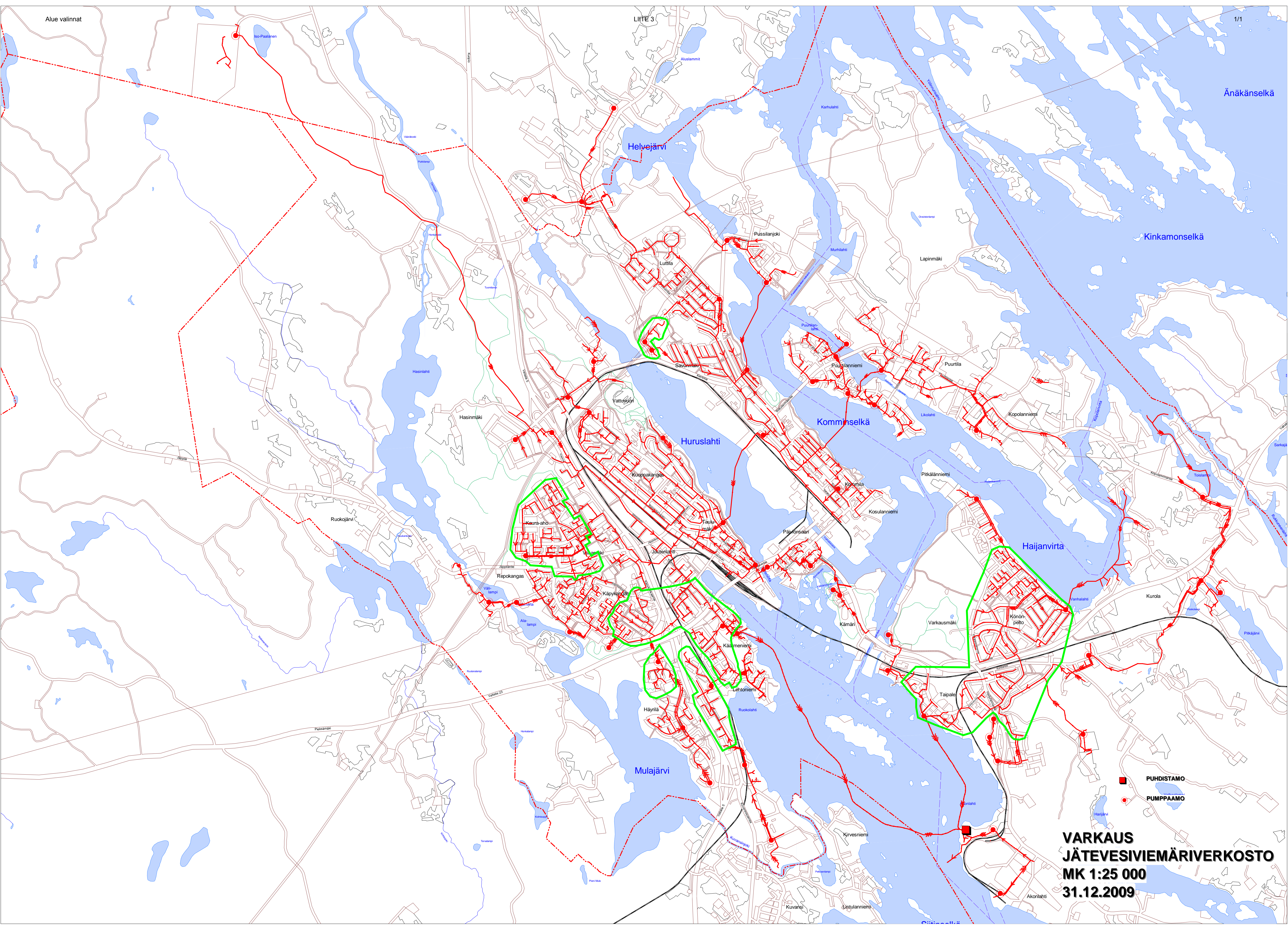
<b>Viemärin laji</b>	<input type="checkbox"/> Jätevesi	<input type="checkbox"/> Sadevesi	<input type="checkbox"/> Sekavesi	<input type="checkbox"/>			
<b>KAIVO</b>	Materiaali <input type="checkbox"/> bet.rengas <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> PEH <input type="checkbox"/>						
Koko	Ø _____ mm		_____ x _____ mm				
<b>KANSI</b>	Materiaali <input type="checkbox"/> valurauta <input type="checkbox"/> betoni	_____ m <sup>2</sup> pinta-ala					
Tyyppi	<input type="checkbox"/> umpi <input type="checkbox"/> ritilä						
Maata kannen päällä		_____ cm					
Kansi maastoa korkeammalla		_____ cm, matalammalla _____ cm					
<b>PUTKET</b>	laji	n:o	liitossuunta	putkikoko	tu	materi-	virtaama
			(klo)	(mm)	mitat	aali	putkesta
Lähteväputki		0	12				kaivoon l/s
Tuloputket		1	6				
	lajit:						
	TH=talohaara						
	SO=salaoja						
	YV=ylivuoto						
	S=sadev.viem.						
Lisätiedot							





B	Toiminta-alueen päivitys		25.2.2011	
A	Toiminta-alueen päivitys		14.4.2010	
MERKKI	MAUTOS	NIMI	PÄIVÄYS	TARK
RAKENNUSKOHTIEN NIMI		MITTAKAAVA		
VESI- JA VIEMÄRILAITOS		Kartta		
Toiminta-alue Varkaus		1:20000		
LIITEKARTTA 12				
VARKAUDEN KAUPUNKI		Pohjakartta Varkauden kaupunki, Maa ja mittaus 3 / 2010		
TEKNINEN VIRASTO		PIIRIN N:o K - 2723/1 B		
KUNNALLISTEKNINEN SUUNNITTELU		KORVAA		
KAUPUNGIN TALO		VAHISTETTU		
PL 208.78201 VARKAUS, PUH. 017-579411		Voimaantulopäivä 1.3.2006		
SUUNN.		TARK.		
PIIRI		PV		
		16.12.2005		



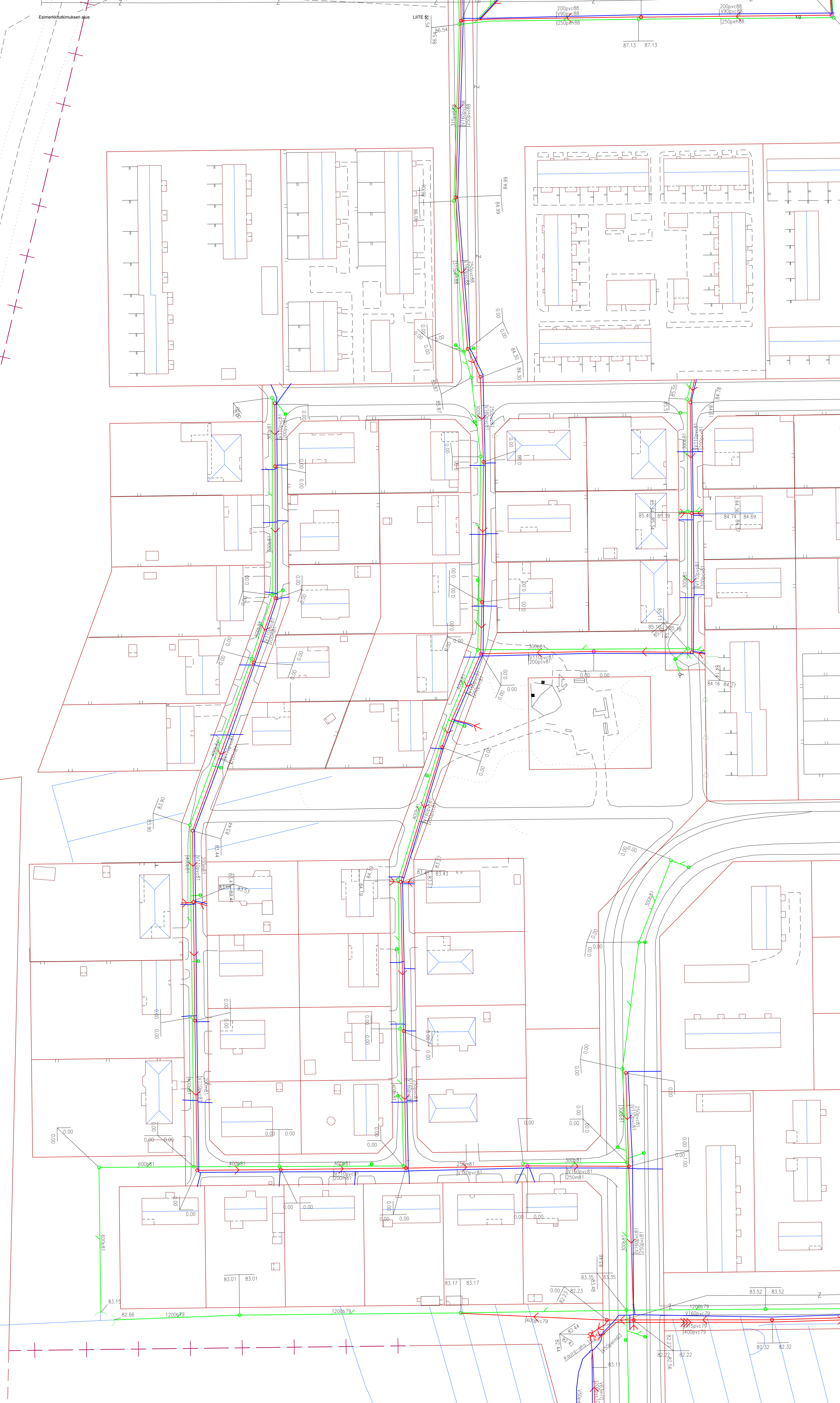


PUHDISTAMO  
PUMPPAAMO

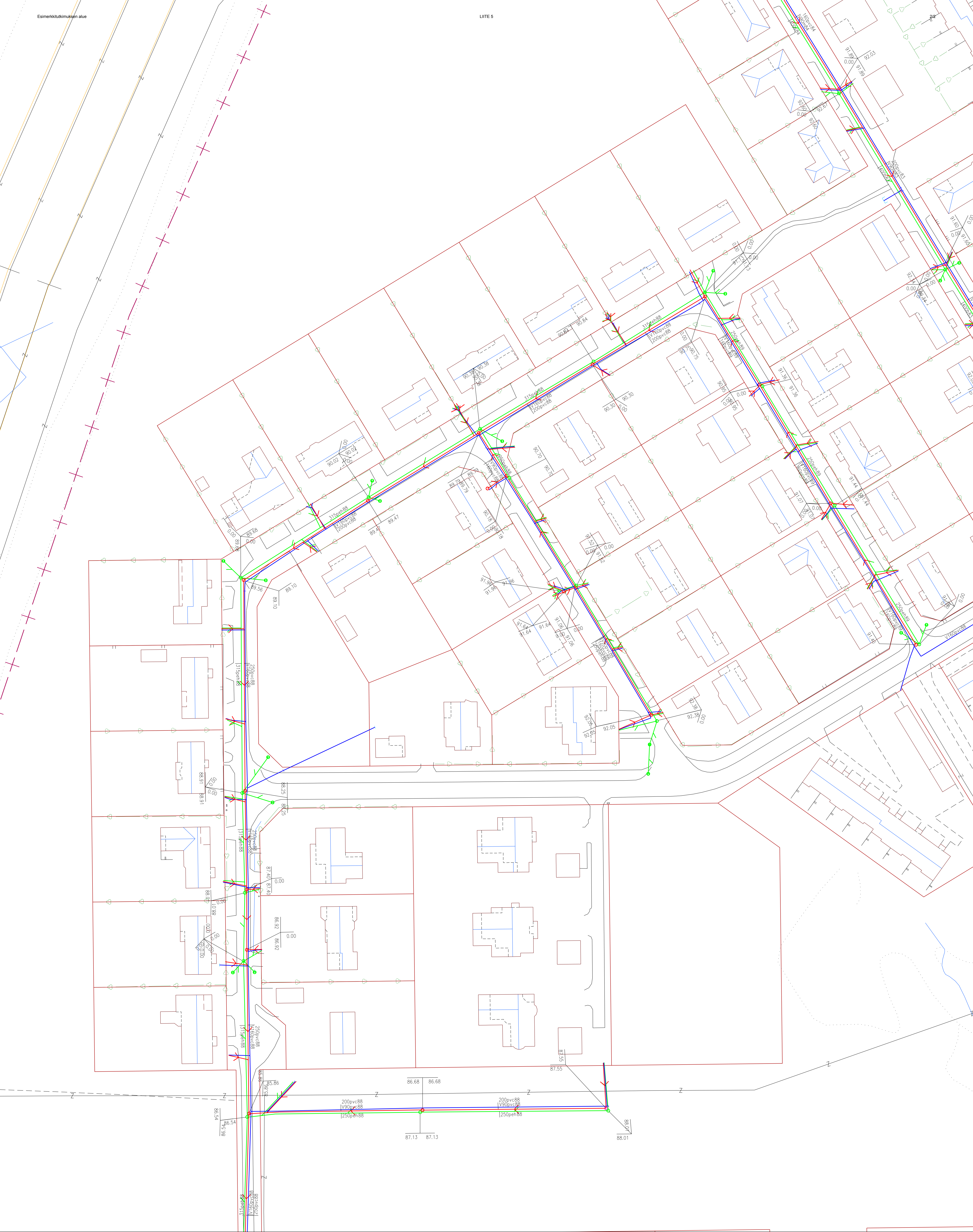
**VARKAUS**  
**JÄTEVESIVIEMÄRIVERKOSTO**  
**MK 1:25 000**  
**31.12.2009**

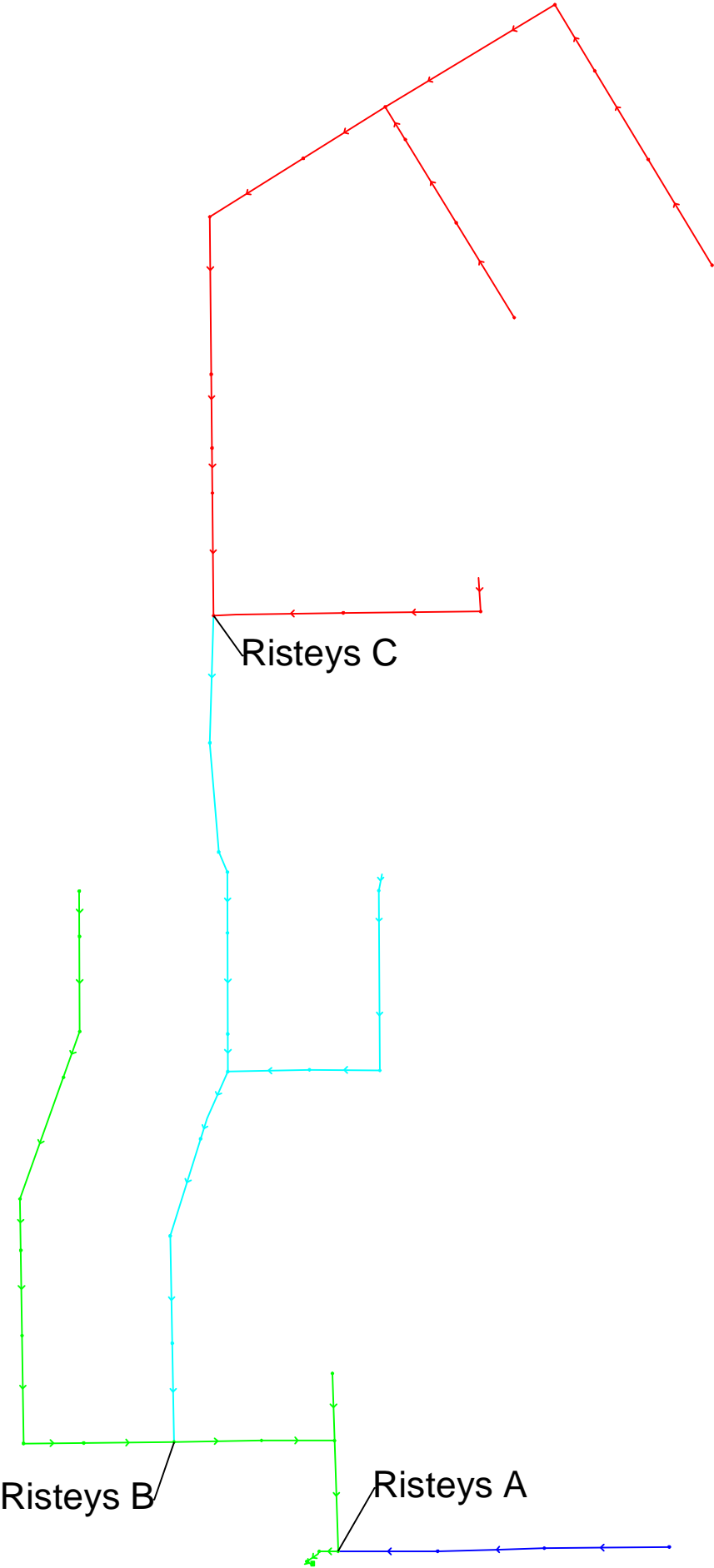


N:o	Pumppaamo	Asukas- luku	24.7.2010	12.4.2010	18.4.2011	Osuus koko Alusta
32	<b>KÄÄRMENIEMI</b>	17591	3820	22180	24200	
32	Käärmeniemi	5685	1137	12367	8418	
31	<b>ROSSI</b>	12	2	3	1	
39	<b>POSTITIE</b>	73	12	59	34	
15	<b>KUVANSI</b>	125	97	1089	819	
15	Kuvansi	99	95	1048		
38	Neerontie	26	2	41	16	
38	Neerontie	26	1	24	14	
37	Metallikatu	0	1	17	2	
12	<b>KOTKANKUJA</b>	137	9	32	36	
14	<b>HAUKANKUJA</b>	649	73	188	228	
14	Haukankuja		68	181	228	
48	Turjanvirta		0	0		
49	Välilampi		5	7		
16	<b>KAURA-AHONTIE</b>	1840	350	1238	1359	
13	<b>LEHTONIEMI</b>	656	71	249	316	
13	Lehtoniemi	187	35	152	182	
2	<b>HARJULANTIE</b>	469	36	97	134	
	Harjulantie		35	96	133	
	Iiriskuja		1	1	1	
27	<b>HASINMÄENTIE</b>	12	10	802	1021	
27	Hasinmäentie	12	10	112		
26	Teollisuuskatu	0	0	0		
45	Riikinneva	0	0	690		
7	<b>OSMAJOENTIE</b>	204	200	400	224	
7	Osmajoentie	148	186	290		
6	Kiertotie	56	14	110	125	
6	Kiertotie	28	12	47		
34	Tykkitie	28	2	63	53	
1	<b>ASEMAKATU</b>	3123	554	1647	1665	
1	Asemakatu	2377	532	637		
23	<b>Hertunranta</b>	92	22	46	66	
23	Hertunranta		17	39		
47	Kalastajanpuisto	5	5	7	6	
3	<b>PÄIVIÖNSAARI</b>	649	324	964	372	
3	Päiviönsaari	332	237	666		
4	Ämmäkoski	317	87	298	286	
4	Ämmäkoski	317	86	283		
5	Kämäri	0	1	15	20	
43	Sampola					
17	<b>KOMMILA</b>	5075	610	4106	4364	
17	Kommila	2415	483	751	1069	
21	<b>LUTTILA</b>	1166	292	1589	1753	
21	Luttila	1116	283	1569	1753	
	Timola	50	9	20		
20	<b>KUNTORANTA</b>	247	87	202	201	
20	Kuntoranta	212	74	158	161	
19	Pussilanjoki	35	13	44	40	
25	<b>MÄHÖSEN RANTA</b>	1123	156	1093	898	
25	Mähösenranta	148	30	259	268	
30	Kivimiehentie	153	101	101	100	
36	Pohjoisniementie	86	23	70	101	
24	Messualue	314	29	52	47	
22	<b>Puurtila, Kivelänk.</b>	422	57	611	483	
22	Puurtila, Kivelänk.	356	43	178	305	
35	Virtasenranta	66	14	433	178	
18	<b>JOKIPELTO</b>	124	18	191	206	
42	<b>IVO 1</b>		4	277	218	
42	Ivo 1		2	154	109	
43	Ivo 2		2	123	109	
47	<b>Savontie</b>		36	194	220	
10	<b>AKONLAHTI</b>	3077	820	5060	5560	
10	Akonlahti	1403	619	3820	3517	
28	Veljeskylä	33	4	5	7	
45	Veljeskylä II		1	2	2	
46	Veljeskylä III		1	1	1	
	Pöytäkangas	0		450	450	
9	<b>VANHAJOKI</b>	73	28	91	110	
	Vanhajoki	73	16	22		
	<b>Kurola</b>		12	69	122	
	Kurola		4	25		
	Toislampi		8	44	75	
8	<b>KÖNÖNPELTO</b>	1568	169	1144	1476	
8	Könönpelto	1467	159	1131		
29	Pitkälänniemi	101	10	13	17	
33	<b>AKONKUJA</b>			11		
33	Akonkuja	0		11		
48	Akonniemen satama	0		0		
		20668	4978	27240		
	Todellinen		4640	27240	29760	









	Linja A
	Linja B
	Linja C



